Xe JURY.

IIe SUBDIVISION.

HORLOGERIE,

PAR M. LE BARON SEGUIER,

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

COMPOSITION DE LA IIe SUBDIVISION DU Xe JURY.

MM. E. B. Denison, Président	Angleterre.
le Bon Armand Seguier, Vice-Président	France.
le professeur Daniel Colladon	Suisse.
E. J. Lawrence, avocat à Londres	Angleterre.

FAITS GÉNÉRAUX

RELATIFS À L'EXPOSITION UNIVERSELLE.

L'art de mesurer le temps par des moyens mécaniques, l'horlogerie, était représenté, dans le Palais de cristal, par 177 exposants : la France y comptait 30 artistes; l'Angleterre, 81; la Suisse, 41; l'Autriche, 7; la Prusse; 5; l'Allemagne, 4; la Hollande, 4; le Danemark, 2: la Sardaigne, 1; l'Amérique, 4.

Le jury a décerné à cette branche d'industrie 4 grandes médailles, 29 médailles dites *de prix*, 17 mentions honorables, 1 encouragement en argent.

Deux des quatre grandes médailles ont été décernées à la France, une à l'Angleterre, une à la Suisse.

Les médailles dites *de prix* ont été ainsi réparties : 7 à la France, 7 à l'Angleterre, 5 à la Suisse, 1 à la Prusse, 1 au Danemarck, 1 à la Sardaigne.

Sur les 17 mentions honorables, 4 ont été attribuées à la France, 4 à l'Angleterre, 3 à la Suisse.

C'est aussi un artiste suisse qui a reçu l'encouragement pécuniaire.

La France a donc obtenu 13 nominations sur 30 exposants; l'Angleterre, 12 sur 80; la Suisse, 10 sur 41; la Sardaigne, 1 sur 1; le Danemark, 1 sur 2; la Prusse, 1 sur 5; l'Amérique n'a obtenu aucune nomination.

Pour faire avec ordre l'exposé des travaux les plus remarquables des horlogers des neuf nations qui ont envoyé leurs œuvres à l'Exposition universelle, nous adopterons une classification basée sur la nature même des produits exposés, et non pas sur leur provenance; nous allons répartir tous les appareils d'horlogerie déposés dans le Palais de cristal en catégories distinctes, et, pour ne pas innover sans motif, nous adopterons les grandes divisions déjà consacrées par nos jurys nationaux dans nos expositions françaises; nous parlerons d'abord de la grosse horlogerie, c'est-à-dire de la fabrication des horloges publiques; nous signalerons ensuite ce que l'horlogerie civile contenait de plus remarquable en montres et pendules dites *de commerce;* nous réserverons pour notre dernier examen l'horlogerie de haute précision, celle qui vient en aide aux sciences, plus particulièrement à l'astronomie et à la navigation. Nous terminerons notre compte-rendu par la description de quelques machines auxiliaires de l'horlogerie.

PREMIÈRE PARTIE.

GROSSE HORLOGERIE.

HORLOGES PUBLIQUES.

Ce n'est pas sans un sentiment d'amour-propre national satisfait que nous avons étudié les produits de la grosse horlogerie, la supériorité des œuvres des artistes français était évidente; notre contentement ne nous empêchera pas de nous montrer justes et impartiaux envers nos rivaux; notre succès sera d'autant mieux constaté, que nous aurons plus fidèlement signalé tous les efforts tentés pour nous ravir notre victoire.

Les artistes français et anglais étaient seuls entrés en lice pour la construction de ces machines horaires assez puissantes pour faire mouvoir de grandes aiguilles sur de larges cadrans, pour soulever de pesants marteaux sur de grosses cloches.

Longtemps stationnaire, cette branche d'industrie n'a fait de véritables progrès que de nos jours; à quelques exceptions près, les grosses horloges avaient été bien plutôt des œuvres de serrurerie que des produits d'horlogerie; la substitution des moyens mécaniques de fabrication aux procédés purement manuels a été la cause principale de leur amélioration; que ce soit le pays même qui, le premier, a remplacé l'habileté de la main par la perfection de l'outil pour l'exécution des grands mécanismes industriels, qui soit resté en arrière pour la construction des grosses horloges, c'est là un fait digne d'être signalé. Jadis les grosses horloges étaient composées de roues de fer forgé, dont la denture était façonnée à la main, à l'aide de la lime et du burin, chaque dent l'une après l'autre; ces roues étaient montées sur des axes forgés et limés à pans; l'action rapide et précise du tour n'était pas toujours employée pour exécuter les pivots; des cages de fer forgé servaient à assembler les diverses parties; brutes de forge, ces cages ne recevaient d'ajustement qu'à leur point de réunion;

les places où devaient être insérés les pivots n'étaient pas toujours, de prime abord, garnies d'un bouchon de cuivre; l'usure des contacts incessamment répétés des pièces composant l'échappement n'était combattue que par la présence de l'huile; les vieilles horloges, avouons-le, n'étaient, pour la plupart, que des espèces de grossiers tourne-broches réglés dans leur marche par un pendule oscillant au lieu d'un volant à mouvement circulaire. La substitution du bronze au fer forgé pour les roues, la trempe en paquets ou l'emploi de l'acier pour les pignons, la division mécanique des dentures à l'aide de la plate-forme et de la fraise par les Hulot et les Salleneuve, la forme épicycloïdale donnée avec la hache à fendre ou crochet par les Pons, la fabrication des pignons par de semblables procédés, le tournage complet des axes par les Lépaute, les Janvier, les Wagner oncle et neveu, ont transformé en France ces machines. Nos vieilles horloges, dont les chocs fatiguaient les oreilles, ébranlaient même les planchers au moment des fonctions, sont désormais changées, grâce à ces habiles artistes, en admirables appareils de précision, cheminant avec douceur, n'interrompant le silence des lieux où ils sont installés que par le léger bruit inséparable de la chute de l'échappement et de la préparation à la sonnerie.

La France, qui a ouvert l'ère du progrès pour les grosses horloges, s'est maintenue à la tête de cette fabrication: la science de composition, la beauté et la bonté d'exécution, le bon marché de ses produits en ce genre défient le monde entier.

Les progrès que nous constatons dans la grosse horlogerie de l'Exposition sont de diverse nature. Les uns portent sur le régulateur lui-même et ont pour but de le soustraire aux variations de longueur résultant des changements de température; d'autres s'appliquent à la force motrice pour la rendre aussi constante que possible; tels sont les mécanismes appelés *remontoirs d'égalité* et *échappements à force constante*. Des artistes ingénieux pourtant, mais moins novateurs, se sont bornés à chercher la régularité des fonctions par de simples

précautions prises pour assurer la durée des organes. Les mécanismes de sonnerie ont fait l'objet d'études sérieuses; on a voulu que leurs effets devinssent plus sûrs et plus précis; les organes destinés à mettre les aiguilles en relation avec le corps du rouage ont reçu de très-importantes améliorations; les indications des aiguilles sur les cadrans ont été rendues aussi visibles la nuit que le jour, par divers modes d'éclairage; enfin des mécanismes spéciaux ont été imaginés pour mettre, par le seul fait de la marche de l'horloge, la durée de l'éclairage des horloges publiques en relation avec le moment variable du lever et du coucher du soleil, suivant les saisons.

Perfectionnements apportés au régulateur des grosses horloges.

Un des perfectionnements importants consiste dans la substitution à la simple tige de fer qui supporte la lentille, d'une combinaison de métaux disposés de manière à compenser la dilatation de l'un par celle de l'autre à la façon du pendule à grille, fer et cuivre, de Harrisson, ou bien de celui à tube, fer et zinc, plus récemment construit, ou bien encore de celui à fer et mercure dont nous voyons de nombreuses applications dans les horloges astronomiques, plus simplement dans la construction de la tige du pendule en bois de sapin verni, enfin dans l'emploi de pyromètres métalliques agissant convenablement sur la suspension du pendule pour faire varier le centre d'oscillation suivant l'allongement ou le raccourcissement de la tige qui supporte la lentille. Des exemples de ces diverses modifications du balancier primitif des grosses horloges se faisaient remarquer dans les pièces exposées par MM. Wagner, Dent, Roberts, Gourdin et autres. La fécondité de l'esprit d'invention de M. Wagner se révèle par les combinaisons les plus variées pour obtenir sûrement la permanence de longueur de la tige du balancier régulateur. Cet artiste français semble avoir pris à cœur d'épuiser toutes les solutions du problème, balancier à grille, système Harrisson, balancier à trois tiges à leviers variables pour trouver expérimentalement la quantité dont il convient de soulever la len-

tille pour obtenir une rigoureuse compensation, compensation variable, mais avec une simple barre agissant, par l'intermédiaire d'un levier dont le point d'appui peut être déplacé sur la suspension, à la façon d'un pyromètre. Pour le balancier de sa grosse horloge, M. Dent, artiste anglais, avait donné la préférence à la combinaison fer et zinc, employée depuis longues années en France par MM. Jacob et Duchemin pour des régulateurs astronomiques; M. Roberts, de Manchester, tout en se servant, comme son compatriote Harrisson, de la dilatation différente du fer et du cuivre pour les opposer l'une à l'autre, a su trouver un moyen très-simple de faire varier les rapports d'effet des deux métaux, en façonnant le cuivre qui entre dans sa compensation en forme de tubes enfilés sur les tringles de fer. Son balancier, fer et cuivre, à tiges multiples, se trouve ainsi composé comme celui fer et zinc, à tige unique, dont nous avons parlé tout à l'heure.

Des suspensions des balanciers régulateurs des grosses horloges.

La suspension des balanciers des grosses horloges de l'Exposition était à couteau ou à lame de ressort; pourtant, un modèle de suspension d'un nouveau genre pour les très-lourds balanciers, figurait dans la partie anglaise, nous pourrions l'appeler suspension à rouleaux. Cette combinaison fort remarquable est le fruit des études théoriques et pratiques de M. Vuillamy, l'un des horlogers les plus habiles et les plus instruits de l'Angleterre : elle consiste à lier la tige du balancier à un cylindre d'acier dont chacune des extrémités roule sur des secteurs; les mouvements alternatifs du pendule impriment au cylindre d'acier un berçage qui entraîne les secteurs dans un mouvement angulaire; l'axe des secteurs taillé en couteau repose dans une gouttière, le roulement du cylindre sur les secteurs se convertit finalement en un frottement amoindri dans le rapport des rayons du cylindre d'acier très-petit et des secteurs très-grands. M. Vuillamy n'a exposé qu'un modèle de cette suspension qu'il n'a pas eu encore l'occasion de réaliser. Nous pouvons lui en garantir le succès,

puisque, déjà, depuis longtemps, en France, un mode de suspension analogue est très-heureusement appliqué aux tourillons des lourdes cloches, notamment à ceux du gros bourdon de Notre-Dame de Paris.

Perfectionnements dans l'application de la force motrice aux grosses horloges.

Les combinaisons mécaniques employées pour rendre constante la force motrice qui fait cheminer les grosses horloges sont de bien des natures; on les désigne toutes sous le nom générique de remontoirs d'égalité: le principe général qui en fait la base consiste à subdiviser la puissance en deux parts inégales, la plus petite est appliquée directement à l'échappement pour entretenir les vibrations du balancier régulateur; l'autre, plus grande, est chargée de produire, à des intervalles périodiques, tous les effets attendus d'une horloge; grâce à cette division, on peut rendre constante la force qui sollicite le pendule dans ses oscillations, puisqu'on laisse toutes les résistances variables des effets d'aiguilles et de levée des marteaux de sonnerie à une autre puissance calculée en excès pour le travail dont elle est chargée.

Les remontoirs appliqués aux grosses horloges, toujours menées elles-mêmes par des poids, sont à ressorts ou à poids. Ceux à poids fonctionnent quelquefois par le fait de la pesanteur seule du rouage satellite ou intermédiaire qui unit l'échappement avec le corps de rouage principal. La belle pièce de M. Gourdin, dans la partie française, présentait l'application d'un remontoir de ce genre. Cette ingénieuse disposition est due au célèbre Robin, l'une des gloires de l'horlogerie nationale.

Les magnifiques horloges de M. Wagner offraient des exemples de remontoirs de genres très-divers. Nous nous bornerons à signaler la combinaison basée sur la théorie des engrenages satellites, consignés par feu Pecqueur dans un mémoire présenté à l'Institut, dans lequel ce savant mécanicien démontrait comment, au moyen des engrenages satellites,

il est possible de diviser les nombres premiers et d'exprimer avec précision, par des rouages, toutes espèces de nombres fractionnaires.

La grande et belle horloge de M. Dent était pourvue d'une force constante puisée dans l'élasticité d'un ressort spiral périodiquement réarmé par l'une de ses extrémités par le poids moteur du corps de rouage principal, tandis que, par son autre bout, en se débandant, il communiquait à la roue d'échappement la vitesse angulaire, suffisante pour entretenir les oscillations du très-lourd pendule dont nous avons déjà parlé. Cette disposition, heureusement choisie, est celle appliquée aux chronomètres et aux horloges astronomiques depuis le commencement du siècle par les Bréguet, les Pons, les Lépine, les Biesta et plusieurs autres, dans des échappements dits à force constante; de nombreux exemples s'en faisaient remarquer dans la haute horlogerie de l'Exposition; nous les signalerons quand nous nous occuperons de cette partie.

Dans tout appareil de remontoir, il y a une fonction indispensable, celle du dégagement du rouage principal, pour qu'il vienne restituer, pour la rendre constante, la partie de force employée à l'entretien des oscillations du pendule; la manière dont cet effet est opéré n'est pas indifférente, car du mode de dégagement, dépend la vérité du principe de la force constante. Si l'on réfléchit aux résistances variables que le poids moteur principal du corps de rouage doit vaincre, par suite de la menée des aiguilles et des effets de sonnerie, on comprend que la pression exercée par le dernier mobile de ce corps de rouage sur l'arrêt n'est pas toujours la même, et que la portion de la force constante employée indispensablement au dégagement de l'arrêt doit varier aussi. Nous ne faisons qu'indiquer ici la difficulté, nous verrons dans l'horlogerie astronomique comment le problème d'un dégagement exigeant un effort variable peut être réalisé par une force néanmoins maintenue constante pour l'entretien des oscillations du pendule; il nous suffit de dire, maintenant, que, pour ses grosses horloges, M. Wagner a tourné la difficulté

très-simplement, en faisant presser le dernier mobile du corps de rouage sur un arrêt taillé en plan incliné. Quelque variable que soit cette pression, décomposée par l'inclinaison du plan d'arrêt qui appartient au rouage intermédiaire, elle ajoute, en impulsion pour l'échappement, précisément toujours autant qu'elle absorbe pour le dégagement, l'inclinaison du plan d'arrêt étant calculée pour que la compensation s'opère.

M. Dent s'est borné à réduire l'inconvénient; il a pensé qu'en faisant arrêter le bout d'un des rayons du volant modérateur du gros rouage sur le pivot prolongé de la roue d'échappement, les variations de pression, se divisant par la différence des rayons du pivot et du volant, deviennent assez petites pour être négligées. Le dégagement, dans cette combinaison, a lieu au moment où deux échancrures de proportion différente, pratiquées sur l'extrémité du pivot de la roue d'échappement, livrent passage aux bras du volant, façonnés aussi de telle manière, que chacun d'eux ne peut passer qu'à son tour dans l'échancrure qui lui convient.

M. Dent a pu, sans témérité, employer pour une grosse horloge ce mode de dégagement qui fonctionne dans des chronomètres de poche, comme nous l'avons remarqué parmi les beaux produits de M. Houdin dans l'Exposition de la maison Destouches.

Entre tous les appareils de remontoirs exposés à Londres, le plus intéressant de tous par son originalité, sa nouveauté et l'efficacité de ses fonctions, est, sans contredit, le remontoir à mouvement continu de M. Wagner; nous allons essayer de le faire comprendre.

Un corps de rouage intermédiaire, du genre de celui décrit par Pecqueur dans son mémoire à l'Institut, unit à l'ordinaire le corps du gros rouage avec les organes de l'échappement; ce n'est plus, comme dans le remontoir de Robin, le poids seul de ce rouage intermédiaire agissant excentriquement qui entretient les vibrations du pendule; elles sont sollicitées par le poids d'une espèce de cloche, en forme de cy-

lindre, suspendue à la cage du rouage satellite et destinée à recouvrir un petit ventilateur remplaçant le volant modérateur ordinaire du rouage principal; le petit ventilateur tourne d'un mouvement continu, à la différence du volant ordinaire qui ne se meut que périodiquement, après chaque dégagement. La vitesse du petit ventilateur est influencée par la position de la cloche et peut varier dans de grandes limites. Quand il est complétement recouvert et comme étouffé sous la cloche, il acquiert son maximum d'accélération; à mesure que la cloche le découvre, il se ralentit; il doit en être ainsi, puisque le travail du ventilateur est proportionnel à la masse d'air mis par lui en mouvement; dans le premier cas, il tourne rapidement dans une masse d'air qui ne change pas et à laquelle il a bientôt communiqué sa vitesse, tandis que, dans le second cas, il fonctionne dans un air sans cesse renouvelé par l'effet de la force centrifuge, qui exige de sa part un effort continu. La vitesse du ventilateur dépend donc de la position de la cloche par rapport à lui; or nous avons dit que c'était le poids de la cloche suspendue à la cage du rouage satellite qui entretenait les vibrations du pendule; la cloche tendrait à s'abaisser à chaque oscillation, si le corps du rouage principal, qui se déroule en même temps que l'échappement fonctionne, ne la relevait incessamment, en agissant de son côté sur le rouage intermédiaire qui la porte; il l'aurait bientôt relevé au delà du nécessaire pour compenser l'abaissement produit par les oscillations du pendule, si l'élévation de la cloche ne produisait pas immédiatement le ralentissement du ventilateur modérateur du déroulage du rouage principal; le ventilateur, en passant par toutes les vitesses qui dépendent de la position de la cloche, établit une si parfaite compensation entre son abaissement par le fait de l'échappement et son soulèvement opéré par le déroulage du gros rouage, moteur principal, que la cloche finit par entretenir, bien réellement par son poids, les oscillations du pendule en restant pourtant elle-même stationnaire.

Les changements de vitesse apportés dans le déroulage du

rouage principal par les résistances variables, telle que menée d'aiguilles à grande distance, levée de marteaux de sonnerie, ne peuvent elles-mêmes modifier que pendant un temps fort court ce très-curieux état normal, puisqu'il tend sans cesse à se rétablir. En effet, dans le cas de ralentissement de déroulage du rouage principal, la cloche, moins relevée qu'elle n'est abaissée, recouvre de plus en plus le ventilateur; celui-ci, agissant sur un air plus lentement renouvelé, s'accélère; la diminution de son propre travail compense exactement les résistances momentanément éprouvées par le corps de rouage principal dont la marche est ainsi promptement remise en rapport avec celle de l'échappement; l'état normal est rétabli, sans pouvoir être dépassé en sens inverse, car une accélération dans le déroulage du rouage principal ne pourrait succéder à un ralentissement, sans que la cloche, de plus en plus soulevée par l'échappement, ne laissât le ventilateur épuiser sa vitesse dans de l'air nouveau, et son propre ralentissement réagirait sur le gros rouage dont il est le modérateur. Pour démontrer l'efficacité de son remontoir à mouvement continu, M. Wagner suspend, pendant quelques instants, les fonctions de l'échappement de sa grosse horloge, en arrêtant le balancier; le rouage principal continuant à se dérouler, un écart égal au temps d'arrêt des oscillations du balancier s'intercale entre les aiguilles menées par le gros rouage et celles conduites, pour la démonstration, directement par l'échappement, il remet en vibration le balancier, et bientôt la plus exacte coïncidence entre toutes les aiguilles est rétablie. L'observation des astres sera rendue bien plus facile quand un mécanisme de ce genre sera appliqué au mouvement des lunettes parallactiques.

Des échappements.

Deux sortes d'échappement seulement, avant ces derniers temps, avaient été employées pour donner l'impulsion au lourd balancier des grosses horloges, l'échappement à palettes et celui à chevilles; l'introduction, dans la composition des

grosses horloges, de l'échappement de Graham, si utilement appliqué aux horloges astronomiques, est un perfectionnement récent; il en est de même de l'échappement à recul et de tous ceux dits à force constante.

L'exposition de M. Wagner offrait des spécimens d'échappements de diverse construction appliqués aux grosses horloges. On y remarquait un échappement de Graham sans autre frottement que celui du bout de la dent sur le plan incliné de l'ancre. Le frottement de pénétration du bec de l'ancre contre le flanc de la dent de la roue d'échappement, pendant toute la durée de l'oscillation du balancier, était évité par le repos de la dent sur les bras d'une ancre auxiliaire, articulés au centre même de rotation de l'ancre principale. Par cette heureuse addition, le frottement de pénétration se trouve converti en un très-petit mouvement angulaire du pivot de l'ancre auxiliaire, les bras articulés reculant dès que la dent vient se reposer sur eux, après avoir glissé sur le plan incliné de l'ancre principale.

Un échappement à chevilles présentait aussi une disposition spéciale pour éviter le brisement des chevilles par la rencontre du bec de l'ancre, comme cela n'arrive que trop souvent quand le poids moteur, descendu à fin de course, laisse la cheville dans le plan d'oscillation de l'ancre. M. Wagner a paré à cet accident aussi fréquent que les omissions de remontage, en articulant les bras de l'ancre sur l'axe qui les porte, et en les tenant rapprochés l'un vers l'autre seulement par un ressort dont la tension, suffisante dans la marche normale pour que l'ancre communique l'impulsion au balancier, est inférieure à la résistance des chevilles; aussi, quand l'une d'elles reste dans le plan d'oscillation, les deux bras de l'ancre s'ouvrent tour à tour à sa rencontre, tant que durent les oscillations, sans l'endommager. M. Dent a combattu le même inconvénient en composant sa fourchette comme une pince à ressort qui s'ouvre et se ferme pour laisser osciller la tige du balancier dans le cas de butée de l'ancre contre les chevilles.

On voyait encore dans l'exposition de M. Wagner un échappement à recul dont les plans inclinés étaient adhérents à la tige même du balancier, disposition vraiment heureuse, puisqu'elle permet de supprimer les deux pivots de l'axe de l'ancre, et diminue ainsi l'influence des huiles sur un dernier mobile, mais non pas complétement nouvelle, puisqu'elle avait été pratiquée dans les carthorloges, c'est-à-dire horloges de carton, mécanisme horaire plein d'ingéniosité, que l'on voulait affranchir des fâcheux effets des dilatations métalliques par l'emploi d'une matière plastique moins dilatable, sans faire attention que la matière substituée au métal introduisait des causes de perturbation supérieures à celles que l'on se proposait d'éviter par cette substitution.

Au nombre des produits de cet artiste si fécond, une très-singulière disposition d'échappement à force constante par des poids appliqués directement au balancier se faisait remarquer par l'originalité de ses fonctions : deux petites masses relevées par le rouage principal, dégagées par leur propre poids, tombent tour à tour sur une traverse liée, à angle droit, avec la tige du balancier, les chutes périodiques entretiennent les vibrations. Hâtons-nous de dire que cette conception, que l'on rencontre répétée deux fois dans les produits de haute horlogerie, n'est qu'une illusion de force constante; en effet, puisque ce sont les masses qui se dégagent elles-mêmes, au moment où elles cessent d'être portées par la traverse du balancier sur laquelle elles ont chuté, on doit concevoir que leur action sur le balancier sera d'autant moindre, qu'une partie plus considérable de leur poids aura été absorbée par le dégagement dont la résistance varie comme la pression du moteur principal sur l'arrêt; l'emprunt fait à la force constante pour dégager n'étant pas uniforme, le reste de cette force constante, destinée à l'entretien des oscillations du pendule, ne saurait être constant.

Cet échappement, imaginé par un très-intéressant artiste de la ville de Beauvais, M. Vérité, a servi de thème à plusieurs horlogers. M. Gannery, enlevé trop tôt à son art, l'avait adopté

pour le beau régulateur qui figurait dans son exposition posthume; M. Gowland, artiste anglais, en s'en servant pour une horloge astronomique à fusée et à barillet, en avait fait, sans y prendre garde, la plus sévère critique, puisqu'il avait jugé que la force constante des deux masses de l'échappement avait besoin de la constance de la force du moteur principal, et avait pris le soin d'éliminer, par l'emploi de la fusée, toutes les inégalités du grand ressort contenu dans son barillet.

Il était réservé à l'inventeur de perfectionner son œuvre, et nous exprimons le vif regret de n'avoir pas vu à l'Exposition universelle une horloge semblable à celle dont M. Vérité a pourvu le palais de justice de la ville de Beauvais. Dans sa construction perfectionnée, cet ingénieux artiste a su éviter, par l'emploi de quatre masses au lieu de deux, l'inconvénient capital que nous avons signalé; une paire de masses est chargée du dégagement, l'autre paire sert exclusivement à donner l'impulsion au balancier, et, cette fois, avec une force constante véritable, puisque nous avons pu faire varier dans de très-larges proportions la force du moteur principal, sans que le moindre changement soit survenu dans l'étendue des arcs décrits par le balancier.

L'horloge pyramidale, à rouages de fonte de fer, exposée par M. Roberts, de Manchester, et appelée par lui, à cause de sa forme appropriée, horloge de clocher, était remarquable à plus d'un titre; nous ne voulons parler ici que de sa composition générale, nous tâcherons de faire comprendre son mode de sonnerie, aussi original que nouveau, quand nous décrirons les modifications subies par les grosses horloges dans cette partie de leurs fonctions, bornons-nous à dire que la nouveauté se faisait remarquer dans tous les organes : en nous expliquant sur les régulateurs, nous avons fait mention de son balancier; disons maintenant que son échappement était à rouleau agissant directement sur la tige du pendule, une seule fois par chaque double oscillation. Le rouage principal de cette grosse horloge à remontoir à poids était mû lui-

même par un poids de forme prismatique, supporté par une chaîne à maillons ovales, engrenant dans la gorge d'une poulie convenablement façonnée pour recevoir la chaîne et l'empêcher de glisser, à peu près comme cela se pratique sur les cabestans pour les chaînes de marine. La forme aplatie du poids moteur révélait la pensée de l'auteur préoccupé de ménager l'espace; son désir de réduire le volume de son horloge se manifestait plus encore dans la superposition de tous les organes suivant une forme pyramidale; par cette composition, cette horloge se trouve spécialement appropriée à l'espace vide laissé dans un clocher. M. Roberts est un très-habile mécanicien, il a compris tous les avantages d'un calibre qui permet de démonter séparément chaque mobile; aussi, à l'exemple de l'horloge de l'hôtel des Postes à Paris, exécutée par M. Lepaute il y a déjà longues années, chaque roue a ses paliers distincts installés sur le bâti général et peut sortir de place sans exiger le démontage préalable d'aucune autre pièce. Toutes les roues de l'horloge de M. Roberts étaient brutes de fonte, la régularité des dentures attestait la supériorité du moulage. Nous avons personnellement regretté de n'avoir pas pu faire apprécier par nos collègues, jurés de la Xe section, cette très-remarquable horloge autant qu'elle méritait de l'être suivant nous.

La magnifique horloge de M. Gourdin, du Mans, attirait l'attention des amateurs de belle horlogerie, non-seulement par l'exécution très-soignée de toutes ses parties, par la perfection de ses engrenages, roues de bronze, pignons d'acier, mais aussi par une disposition spéciale de son échappement, qui permettait à une aiguille de seconde de continuer régulièrement sa marche sur un cadran particulier, alors qu'une perturbation momentanée était subie par le balancier; nous ne décrivons pas un échappement dont l'auteur avait pris soin de dissimuler les fonctions. Il n'en est pas de même de l'ingénieux stratagème par lequel M. Gourdin tire parti de la pression de la corde du poids moteur sur un levier inséré dans le cylindre enrouleur, pour opérer un désembrayage entre la

manivelle destinée à remonter le poids et le cylindre enrouleur; les accidents qui peuvent arriver quand, par un remontage trop longtemps continué, le poids moteur est élevé au delà de sa course normale, sont ainsi sûrement évités.

Les grosses horloges de MM. Chavin et Bailly-le-comte, à échappement, soit à ancre, soit à chevilles, se distinguaient toutes par une modicité de prix qui eût paru vraiment inconciliable avec leur bonne exécution, si l'on n'eût réfléchi que ces horloges sont exécutées par milliers dans une localité où la division du travail et le bon marché de la main-d'œuvre permettent d'obtenir de si avantageux résultats.

Un échappement ingénieux, du genre de ceux dits à *force constante à poids*, entretenait les vibrations d'un pendule ouvrant et fermant les circuits d'un courant galvanique destiné à donner à de puissants électro-aimants la puissance nécessaire pour mouvoir les colossales aiguilles qui indiquaient l'heure sur la façade extérieure du transsept du Palais de cristal; c'était aussi l'action des piles qui, par un petit électro-aimant particulier, relevait, après chaque chute, le poids de la force constante. M. Shepered, inventeur de cette horloge électrique, avait judicieusement compris que, pour mettre la marche de son horloge à l'abri des irrégularités produites par les variations d'intensité dans l'action des piles dont il empruntait la puissance pour le jeu de tout son mécanisme, il fallait agir sur l'échappement par l'intermédiaire d'un poids, réduisant le rôle de l'électricité au remontage du poids de la force constante, et à la menée directe des aiguilles; le commutateur, pour ouvrir et fermer le circuit, était mû sans inconvénient par le pendule, puisqu'il ne lui opposait qu'une très-faible résistance restant toujours la même.

L'horloge électrique de M. Shepered n'était pas, à l'Exposition, la seule application de l'électricité à la mesure du temps. L'inépuisable M. Wagner, lui aussi, faisait mouvoir, sur un cadran à grande distance, des aiguilles de secondes, de minutes et d'heures, par l'électricité; il lui avait suffi pour cela de placer sur l'axe d'un des mobiles de son remontoir à

mouvement continu, un disque de cuivre façonné comme une roue dentée dont les espaces vides entre chaque dent seraient remplis par de l'ivoire; en faisant frotter sur la circonférence de ce disque l'extrémité d'un fil métallique en relation avec un des pôles d'une pile, tandis qu'un autre fil, venant du pôle opposé, restait constamment en communication avec l'axe qui portait le disque, M. Wagner établissait ou rompait le courant autant de fois que les dents de cuivre étaient remplacées, dans le mouvement angulaire du disque, par l'intervalle d'ivoire, sous le fil métallique frottant. Les alternatives de circuits, ouverts ou fermés, déterminaient, dans la pièce de contact d'un électro-aimant placé derrière le cadran, dont il fallait mouvoir les aiguilles, des attractions qui transmettaient, par l'intermédiaire de leviers en pied de biche, un mouvement de rotation saccadé à une roue taillée en rochet, portant sur son axe l'aiguille des secondes. Les autres aiguilles étaient conduites par une minuterie ordinaire engrenant avec un pignon porté par l'axe de cette espèce de roue de secondes. Une autre manière d'entretenir les vibrations d'un pendule par l'électricité se rencontrait encore dans le régulateur de M. Bain; nous en ferons la critique en décrivant les pièces remarquables de l'horlogerie de précision.

Nous ne terminerons pas ce que nous avons à dire sur les perfectionnements apportés aux échappements des grosses horloges sans exprimer notre regret de n'avoir pas vu parmi les objets exposés, au moins un modèle de l'échappement à ancre articulée appliqué par l'habile M. Wuillamy à sa belle horloge de Windsor, l'une des meilleures horloges publiques d'Angleterre. En homme instruit des vrais principes de la théorie des frottements, M. Wuillamy n'a pas cru que la diminution des surfaces de contact les amoindrissaient. Il a pensé, tout au contraire, que les molécules composant les pièces frottantes, éprouvaient d'autant moins d'altération qu'elles étaient en plus grand nombre pour supporter l'effort exigé d'elles; aussi, au lieu de réduire la longueur des chevilles de sa roue d'échappement et de limiter à une faible

épaisseur les becs de son ancre, il a donné aux unes et aux autres de larges proportions pour multiplier les surfaces de contact; mais, pour que le but qu'il se proposait fût sûrement atteint, il fallait assurer, entre le bec de l'ancre et le flanc de la dent, un parallélisme d'autant plus difficile à obtenir, que les chevilles sont plus longues et le bec de l'ancre plus épais. Cette condition a été très-heureusement réalisée par l'articulation du bec de l'ancre. Dans l'échappement de l'horloge de Windsor, le bec forme une pièce à part reliée au bras de l'ancre par une double articulation. Par suite de cet ingénieux emmanchement, le bec de l'ancre se maintient toujours parallèle à la cheville de la roue d'échappement, alors même que l'usure des pivots ou des bouchons aurait permis à l'arbre de la roue d'échappement de sortir du plan d'oscillation de l'ancre. La conception de M. Wuillamy, si judicieuse en principe, a reçu la plus irrécusable sanction de la part du temps. Malgré le nombre considérable de millions d'oscillations déjà accomplies par l'horloge de Windsor depuis sa mise en fonction, on n'aperçoit pas la plus légère trace d'usure entre les parties frottantes de l'échappement, le poli même des plans inclinés des becs de l'ancre est conservé dans tout son éclat.

La sagesse de composition de cette belle horloge nous porte à croire que la palme pour les grosses horloges, dans l'Exposition anglaise, aurait fort bien pu advenir à M. Wuillamy, s'il lui eût convenu d'exposer une de ses œuvres entières.

De la sonnerie des grosses horloges.

Depuis longtemps, et à l'une de nos expositions nationales, M. Schwilgué, le savant restaurateur de l'horloge de Strasbourg, avait montré, dans des pièces de sa composition, comment il fallait s'y prendre pour préparer la levée des marteaux, de manière que la chute sur la cloche coïncidât précisément avec l'oscillation du pendule qui mesure la période d'heures, de demies, de quarts, qu'il s'agit de sonner. Les enseignements de l'illustre ingénieur des ponts et chaussées

ont porté fruit; nous nous sommes aperçus avec bonheur qu'en Angleterre, comme en France, l'art de la grosse horlogerie en avait profité.

La position des marteaux qui frappent sur les cloches est susceptible de controverse: les uns veulent, pour faciliter le départ du rouage de sonnerie que le marteau, au repos, pende perpendiculairement au bout de son levier, et qu'il présente, à mesure qu'il est soulevé, une résistance progressivement croissante pour venir ainsi en aide au volant à ailettes chargé de modérer le déroulage du rouage qui tend à s'accélérer; d'autres prétendent que la position du marteau au départ doit être telle, qu'il perde de sa pesanteur à mesure qu'il est soulevé pour compenser les inégalités d'effort que le rouage de sonnerie éprouve quand la résistance augmente et que la puissance diminue par suite des modifications de rapport entre les pièces des mécanismes agissant comme leviers; d'autres encore veulent que les efforts restent constants, et remplacent les rouleaux par des cames calculées de façon à maintenir la résistance et la puissance dans une relation compensée; ainsi le préfère le savant M. Denisson dans l'horloge exécutée par M. Dent, sous ses inspirations.

M. Roberts, de Manchester, s'est hardiment placé en dehors de cette controverse, et il fait frapper son marteau comme nul autre ne l'a fait avant lui. Le marteau, attaché à un levier à coulisse, décrit, pour chaque pulsation, un cercle complet. Le poids du marteau allonge le levier quand il arrive au point le plus bas de sa révolution; la force centrifuge, résultant de la vitesse angulaire du marteau, le maintient allongé jusqu'à ce que la cloche placée tangentiellement à la partie supérieure du cercle parcouru par le marteau ait été frappée; la vitesse acquise est épuisée par le choc, le marteau prend même, par suite de son rebondissement sur la cloche, un léger mouvement rétrograde, pendant lequel la masse du marteau, soustraite à l'action centrifuge, agit perpendiculairement sur la coulisse du levier, force celui-ci à rentrer sur lui-même et à diminuer suffisamment de rayon

pour laisser passer le marteau sous la cloche sans plus la heurter; en continuant à décrire un second cercle, le marteau réallonge le levier à coulisse qui lui sert de manche par le fait de sa propre masse, à laquelle s'ajoute encore la force centrifuge; il le prépare ainsi à frapper un nouveau coup sur la cloche, à moins qu'il ne se trouve subitement arrêté par la roue de compte dans la position du plus grand allongement du levier, c'est-à-dire quand sa masse occupe la partie inférieure de son cercle.

Des aiguilles des grosses horloges.

Nous avons dit comment, par les remontoirs à force constante, on parvient à débarrasser l'échappement de la résistance variable des aiguilles des grosses horloges, soit à cause de leur poids imparfaitement équilibré, soit à cause des frottements nombreux que les arbres de transmission présentent pour transporter l'heure sur des cadrans à grande distance; mais l'influence perturbatrice la plus considérable qu'elles subissent est celle du vent; sur les aiguilles placées à de grandes hauteurs, elles présentent à la prise du vent des surfaces assez considérables, par suite de leurs proportions, pour réagir sur le moteur, au point de l'arrêter. Il importait de prévenir cette réaction, M. Wagner l'a fait très-heureusement, en plaçant, entre le moteur et les aiguilles, un rouage satellite, combiné avec un pendule, dont la masse, écartée momentanément de la verticale par l'action du vent sur les aiguilles, en reprenant la position perpendiculaire, le coup de vent passé, remet les aiguilles à leur véritable indication.

Éclairage des cadrans.

Les gardiens de nuit, articulant à haute voix les heures pendant leurs rondes, prouvent combien l'éclairage des cadrans pendant la nuit était un besoin senti.

La première fois qu'un appareil d'éclairage lenticulaire et à réflecteur fut installé devant un cadran, ce progrès obtint l'approbation générale; maintenant le devoir d'indiquer la

durée du temps d'une façon aussi visible la nuit que le jour semble imposé à toute horloge publique.

Il était réservé à M. Doré, du Havre, de trouver la solution la plus satisfaisante, je dirais presque la plus merveilleuse de ce problème. Grâce à lui, les navigateurs peuvent, de plusieurs kilomètres de distance, voir l'heure que leur indique l'horloge de la municipalité du Havre, avec ses aiguilles de feu, sur un cadran à chiffres ardents. Pendant le jour cependant, le cadran de cette horloge n'offre d'autre aspect que des aiguilles et des chiffres blancs très-visibles sur un cadran à fond noir.

Ce merveilleux éclairage, qui fait l'étonnement de tous ceux qui le voient pour la première fois, est basé sur la propriété qu'ont les corps opaques d'arrêter la lumière à son passage, tandis que les corps transparents se laissent traverser.

M. Doré forme son cadran d'un disque de glace sans tain sur lequel il fixe des chiffres découpés dans du verre dépoli ou opaque et maintenus en place par une très-légère sertissure métallique. Les aiguilles sont composées de même. Il place derrière son cadran un écran de velours noir; il installe, dans un plan plus bas que le bord inférieur du cadran, entre l'écran et le cadran un puissant éclairage, dont les rayons lumineux sont dirigés vers le ciel; les aiguilles et les chiffres arrêtant seuls la lumière à son passage, s'illuminent, le cadran transparent se laisse traverser, et, ne faisant voir que l'écran noir, placé derrière lui, reste complétement obscur. Disons pourtant, et pour la faire mieux comprendre, que cette très-ingénieuse manière d'éclairer un cadran n'est praticable que pour des localités où le cadran ne doit être consulté d'aucuns points culminants, car, pour ces points, les rayons éclairants arriveraient directement du foyer d'éclairage à l'œil de l'observateur, et il ne pourrait plus y avoir de différence d'aspect entre les aiguilles et le fond du cadran devenu, lui aussi, lumineux.

La durée d'éclairage d'un cadran doit égaler celle de la nuit, elle est donc variable, et plus longue en hiver qu'en été. Pour

dispenser un surveillant de la double obligation d'allumer et d'éteindre quotidiennement, au moment convenable, l'appareil d'éclairage de l'horloge de Douvres, le bec de gaz, dont le robinet est établi de façon à ne pouvoir être jamais complétement fermé, reste constamment allumé; c'est l'horloge même, qui, par une courbe tracée suivant les moments du lever et du coucher du soleil pour la position de Douvres, manœuvre le robinet, l'ouvre complétement quand la nuit arrive, le ferme assez pour réduire le bec de gaz à l'état de veilleuse quand le jour reparaît.

Un mécanisme spécial, pour suppléer à cette assujettissante fonction de l'éclairage d'une horloge, figurait dans la partie angulaire de l'Exposition; il était l'œuvre de M. Blaylock, de Carlisle. Son auteur l'avait disposé de manière à pouvoir entrer en relation avec une horloge ordinaire.

SECONDE PARTIE.

HORLOGERIE CIVILE, DITE DE COMMERCE.

FABRICATION DES BLANCS ET ROULANTS DE PENDULES ET DE MONTRES.

Le nombre, la variété, la qualité, et la modicité du prix des produits des établissements de MM. Japy frères, dans le Haut-Rhin, avaient placé ces industriels habiles au premier rang à l'Exposition universelle; pourtant leurs conditions de production, qui font qu'ils n'ont pas de rivaux dans le monde entier, auraient été insuffisantes pour leur mériter la première récompense, si les moyens d'exécution à l'aide desquels de tels résultats sont obtenus n'avaient été exposés au jury, puisque, dans le sous-comité B de la Xe classe, la grande médaille ne pouvait être attribuée qu'à un mérite d'invention.

Nous les indiquons ici sommairement :

La première opération, après la fusion et le laminage du cuivre destiné aux pièces d'horlogerie, est son écrouissage par le martelage; ce travail, très-important, est opéré, chez MM. Japy, par de petits martinets frappant cinq cents coups à la minute; les platines des pendules et des montres sont découpées dans le laiton ainsi durci par des balanciers à vis ou à excentriques ; les bords sont dressés, pour les platines carrées, à la machine à raboter, par douzaine à la fois; pour les platines rondes, sur un tour spécial; puis les surfaces des unes et des autres sont planées sur le tour au support à chariot; tous les trous qui se trouvent dans les platines ont été préalablement percés à l'aide de forets conduits par des calibres qui déterminent rigoureusement leur place avec une rapidité telle, que cent douzaines de trous, payées 8 centimes de main-d'œuvre, permettent à l'ouvrière chargée de cette besogne de gagner une journée de 1 fr. 75 cent., bien suffisante pour le salaire d'une jeune fille.

Les tours spéciaux sur lesquels les platines sont planées

après leur perçage pour enlever d'un même coup les bavures des forets, remplissent leurs fonctions avec une telle facilité d'emmandrinage et de démandrinage, qu'un tourneur peut, en dix heures de travail, façonner sur les deux faces cinquante douzaines de platines, quelle que soit leur grandeur. Les axes des roues, fusées, barillets, balanciers, sont faits en acier anglais tréfilé dans les établissements de MM. Japy. Les pignons sont fendus par des machines qui passent d'elles-mêmes d'une dent à l'autre, jusqu'à ce que toutes les dents d'un pignon soient taillées. Une seule femme peut servir plusieurs machines à pignons.

Après la trempe, les arbres, les faces et les pivots sont terminés par des procédés qui assurent leur parfaite concentricité; les roues, découpées et croisées au balancier, sont montées sur leur assiette avec une promptitude qui permet à un seul ouvrier d'en monter soixante-dix douzaines par jour. Les ponts des roues sont taillés à la scie tournante dans de grands cercles préalablement tournés au burin fixe, ou dans des lames droites profilées convenablement à la machine à raboter; les vis de toutes grosseurs qui servent à assembler les diverses parties des pendules et des montres sont faites par de jeunes filles sur des tours spéciaux qui en débitent cent cinquante douzaines par jour et par tour.

Le fendage des roues est fait avec des fraises sur une machine à diviser, qui change elle-même de division et fonctionne seule; douze roues superposées sont fendues à la fois, les dentures sont arrondies et finies par des fraises à vis sans fin, agissant sur la roue, de façon à lui imprimer un mouvement angulaire, convenable pour mettre la fraise en rapport avec chacune des dents successivement jusqu'à la fin de l'arrondi.

Les piliers des cages de pendules ou de montres sont taillés dans du fil de laiton étiré et martelé, sur le tour au burin fixe qui, d'un même coup, fait leurs portées et les arase de longueur; le fil de laiton s'avance de lui-même au travers de l'arbre du tour percé dans toute sa longueur pour recevoir le fil. Tous les outils-machines employés dans les ateliers de

MM. Japy sont de leur composition et exécutés dans leurs établissements. Ingénieurs et directeurs de leurs usines, ils ont fait sortir de leur cerveau les moyens d'action qui leur ont permis d'obtenir les plus grands résultats industriels qui puissent être désirés, ceux d'une production annuelle de plus de six cent mille blancs de montres et de quatre-vingt-dix mille blancs de pendules, lampes, pièces à musique et télégraphes. La nouveauté et l'ingéniosité de tous ces moyens contrastent singulièrement avec la simplicité et l'ancienneté des procédés suivis dans les fabriques anglaises de Liverpool, de Birmingham, de Coventry et de Londres; tout s'y exécute encore comme il y a quarante années : les axes des ancres et des balanciers sont faits à la main comme du temps de Julien Leroy, et un pignon de montre, qui vaut, en France, en Suisse ou en Savoie, de 5 à 10 centimes, y revient encore à 1 fr. 25 cent. Malgré ces anomalies chez ce grand peuple manufacturier, il n'en est pas moins vrai que l'Angleterre produit annuellement pour plus de 40 millions d'horlogerie, représentée par cent cinquante mille montres de commerce en or et argent, et cent mille mouvements sans boîte, exportés en Amérique et aux colonies; on cite, à ce sujet, un monteur de boîtes, à New-Yorck, qui en confontionne dans son seul atelier plus de quarante mille par an.

Les spécimens les plus remarquables de la fabrication anglaise se voyaient dans l'exposition des produits de MM. Rotheram et fils, de Coventry, et de M. I. Roskell, de Liverpool; les montres de ces fabricants, toutes destinées à l'exportation, sont dans de bonnes conditions d'exécution et d'un prix peu élevé; les détails de fabrication sont indiqués par la plupart des fabricants anglais par une série de différentes pièces détachées, passant successivement par toutes les phases de la main-d'œuvre, depuis l'état de métal brut jusqu'à l'achèvement complet. Nous devons leur savoir gré de ce genre d'explication muette qui initie les praticiens dans leurs procédés de fabrication bien plus rapidement que s'ils étaient obligés de les étudier dans des notices manuscrites ou imprimées.

Les montres de toutes les fabriques anglaises se ressemblent; elles ont toutes des proportions suffisantes pour assurer la régularité et la durée des fonctions; on remarque dans leur composition l'esprit positif des Anglais, qui ne voient dans un objet quelconque que le but auquel il est destiné, et ne sacrifient rien aux caprices de la mode, alors que les formes qu'elle conseille pourraient nuire au résultat désiré. Ce que nous louons et proposons, comme exemple bon à imiter pour les montres, ne saurait être conseillé par nous pour les pendules anglaises; leur genre, dit squelette, est tellement dépouillé d'ornements accessoires, si strictement réduit aux organes mécaniques qui entrent dans la composition d'une machine horaire, que les aiguilles destinées à montrer l'heure se confondent avec les bras des roues, qu'aucun cadran ne recouvre; leurs indications deviennent ainsi difficiles à saisir.

Dans la partie française, on trouvait encore les produits de la fabrique de M. Marti, de Montbéliard, honorés d'une *médaille de bronze* à nos précédentes expositions nationales; les excellents mouvements de la fabrique établie par feu M. Pons, à Saint-Nicolas-d'Aliermont, ne s'y rencontraient nulle part, et leur absence était d'autant plus regrettable, qu'ils eussent incontestablement valu à la France une distinction de plus dans une section où le mérite d'invention et de composition était la base des récompenses. A Londres comme à Paris, les efforts de M. Pons pour faire atteindre à l'horlogerie de commerce les qualités de l'horlogerie de précision auraient été appréciés comme ils méritent de l'être.

Dans la partie américaine on trouvait des mouvements de pendules à bas prix, dont toutes les pièces étaient découpées au balancier dans du laiton; ces rivales des pendules de bois de la forêt Noire ne nous semblaient avoir d'autre supériorité que celle du prix de la matière qui entre dans leur confection.

Nous n'en dirons pas autant des pendules de fer et cuivre de MM. Reydor et Colin, et surtout de celles à 8 francs, de M. Chavin, aussi remarquables par leur bonne exécution que par leur bon marché.

Nous placerons, à la suite de ces produits de fabrique, les mouvements de réveil faits en grand nombre par M. Redier et M. Pierret, de Paris, et Born, de Berlin; leur principal mérite est dans l'importance de leur production.

La grande fabrication des montres, en Suisse, a pour siége la Chaux-de-Fond, Saint-Smier, la vallée de Joux, le Locle, la ville de Genève; les produits réunis de ces diverses localités s'exportent en Amérique, en Chine et en France; ils s'élèvent à une somme de plus de 50 millions de francs. Nous tâcherons, en décrivant tout à l'heure plus en détail ce que l'Exposition renfermait de remarquable en pendules et montres à l'usage civil, de faire ressortir le mérite particulier des œuvres des nombreux artistes de ces pays. C'est alors aussi que nous payerons un juste tribut d'éloges aux produits de la fabrique de Cluse, en Sardaigne, dirigée par M. Benoit, de Versailles.

PENDULES CIVILES.

Une des expositions les plus remarquables en horlogerie civile était sans contredit celle de M. Brocot, de Paris; on y voyait des pendules à échappement ou à demi-cylindre d'agathe, désignés sous le nom d'*échappement Brocot,* d'autres avec échappement à double roue par le même principe, susceptible d'être mise à recul variable par un levier à vis de rappel pour obtenir l'isochronisme des arcs du pendule; les pièces de M. Brocot sont pourvues de cadratures de sonneries différentes; l'une d'elles a l'avantage de supprimer les repères du rouage intérieur.

Un mécanisme spécial de quantième perpétuel, pouvant être mis en relation de différentes façons avec le mouvement d'une pendule quelconque, mérite d'être signalé. L'esprit inventif de M. Brocot s'est aussi exercé sur les remontoirs d'égalité: il a cherché à en imaginer un qui pût, par la simplicité et la modicité de sa main-d'œuvre, s'appliquer aux pendules civiles; ce remontoir à ressort spiral est du genre de celui dont M. Dent, de Londres, a pourvu sa grosse horloge: nous en

parlerons de nouveau en décrivant, dans des pièces de haute horlogerie, les échappements à force constante.

Quand nous arriverons à l'examen des machines auxiliaires de l'horlogerie, nous appellerons aussi l'attention sur un très-ingénieux mécanisme de M. Brocot, pour régler rapidement la longueur des balanciers des pendules.

Un genre de pendules civiles, qui a pris, depuis plusieurs années, un très-grand développement, est celui dit *pendule de voyage* ou *pendule portative,* la différence essentielle qui existe entre ces pendules et les autres consiste principalement dans le régulateur; dans ces pièces, le pendule ordinaire est remplacé par le balancier circulaire des montres.

Ces pièces sont à sonnerie, à répétition; il y en a même à grande sonnerie et à réveil; on en voyait de nombreux modèles dans les parties anglaise, française et suisse; la pièce la plus remarquable de ce genre était, sans contredit, dans l'exposition de la maison Leroy et fils de Paris; cette pendule de voyage, d'une main-d'œuvre très-soignée, avait une cadrature tout en acier du plus beau travail, attestant l'habileté des ouvriers qui avaient concouru à son exécution.

MONTRES CIVILES.

Les montres civiles, ces petites machines horaires que nous portons sur nous pour connaître le moment de la journée où nous devons accomplir quelques-unes de nos actions, sont, pour les femmes surtout, un bijou, un objet de parure plus encore qu'un mécanisme à mesurer le temps; cette destination explique les efforts faits pour orner et décorer leur enveloppe, pour réduire, dissimuler même leur volume. C'est pour satisfaire aux caprices de la mode que nous trouvions, dans les produits de la Suisse, des montres si richement emboîtées, d'une épaisseur tellement minime, qu'on reste étonné que des rouages puissent exister et se mouvoir entre des parois aussi rapprochées; d'autres, plus surprenantes encore par l'exiguïté de toutes leurs dimensions, que nous pourrions appeler *montres*

microscopiques, sont perdues dans les ornements d'un bracelet ou insérées dans le manche d'un porte-plume, vrais bijoux mécaniques, qui doivent être regardés plutôt comme de rares tours de force d'exécution, que comme des produits industriels susceptibles d'être plusieurs fois répétés.

Aussi, sans nous étendre trop longtemps sur ces chefs-d'œuvre de la main de MM. Patech et Elfroth, de Genève, qui ne sont guère plus des pièces d'horlogerie que ces oiseaux automates, qui s'élancent d'une pièce à musique pour remuer le bec, battre des ailes et rentrer dans leur cachette, ou que le pistolet lilliputien de cinq millimètres de long, composé de vingt pièces réunies par des vis qui ne se voient qu'à la loupe, pesant ensemble vingt-sept milligrammes, merveille enfantée par la patience et l'habileté de M. Audemars; nous arrivons de suite à l'examen des montres civiles déposées dans le Palais de cristal par les artistes des diverses nations.

M. Dent, de Londres, offrait aux amateurs de la belle horlogerie des montres civiles d'une exécution très-soignée; parmi elles on en distinguait une dont l'aiguille des minutes semblait devoir être arrêtée dans sa course par l'axe de l'aiguille des secondes d'un cadran excentrique, mais qui, au moment de cette rencontre, sautait en arrière de presque un tour entier pour aller se placer de l'autre côté de l'axe des secondes infranchissable à cause de sa longueur laissée tout exprès pour causer la surprise; M. Dent eût été de beaucoup dépassé dans cette espèce d'escamotage horaire, s'il eût plu à la maison Bréguet de faire figurer dans le Palais de cristal une de ses pendules dites *sympathiques,* montant et remettant à l'heure une montre, qui n'entre en relation avec elle que par son simple dépôt dans un croissant métallique, installé sur la partie supérieure de la pendule. Les appréciateurs de difficulté vaincue auraient eu la satisfaction de trouver dans cette pièce un très-ingénieux stratagème, par lequel une poussée par la ligne des centres était rendue impossible, même pour le cas où le piston mû par la pendule pour opérer la mise à l'heure de la montre, en agissant contre le flanc d'un levier adhérent à l'axe de l'ai-

guille des minutes, viendrait à butter contre l'extrémité de ce levier, comme cela arriverait, sans cette précaution, toutes les fois que la mise à l'heure devrait être opérée, alors que le piston rencontre le levier dans la ligne passant par l'axe de l'aiguille des minutes.

Au nombre des pièces civiles de M. Dent on voyait encore une montre à tact, dans laquelle l'artiste anglais prétendait avoir utilement modifié le mécanisme primitif de feu Bréguet, afin de soustraire le rouage aux accidents d'un toucher maladroit.

Les montres civiles de M. Charles Frodsham portaient, comme tout ce qui sort des ateliers de cet habile horloger, le cachet de l'artiste instruit. On reconnaissait que M. Frodsham a hérité des enseignements du célèbre Arnold, auquel il succède si dignement. Ses montres à échappement à ancre peuvent être soumises à l'épreuve des plus violents exercices; le grand trot du cheval n'occasionne point de perturbation dans leur marche; une pièce à échappement à doubles rouleaux se faisait particulièrement remarquer par le rapport de l'arc d'échappement de 25 degrés et de l'arc de vibration de 630 degrés, d'où il résulte que le balancier est soustrait à l'influence du corps de rouage pendant 24/25 de son oscillation; en parlant de l'horlogerie de haute précision nous rendrons plus complétement justice aux admirables produits de cet habile artiste.

Dans l'exposition des produits suisses, ceux de M. A. Lecouttre, du canton de Vaud, se distinguaient par la perfection de la forme des dents des roues et des ailes des pignons. Cet horloger a eu l'heureuse pensée d'adopter, pour l'exécution de ses montres civiles, des calibres tellement précis, qu'une pièce quelconque de l'un de ses mouvements de montre peut être déplacée et adaptée à un autre mouvement, sans que l'ajustement et le rapport des pièces cessent d'être parfaits. M. A. Lecouttre est auteur de plusieurs inventions et perfectionnements applicables à la haute horlogerie; au point de vue de l'horlogerie civile, on lui doit une construction nou-

velle très-bien conçue pour remonter les montres à deux barillets indépendants, et mettre les aiguilles à l'heure par la rotation d'un bouton moleté inséré dans le pendant de la montre.

M. Audemars, du même canton, expose aussi des montres à double mouvement, se remontant et se mettant à l'heure sans clef, par le pendant; il a su combiner le mécanisme délicat qui opère le remontage de façon à ce que l'inexpérience de celui qui le met en action ne puisse occasionner aucune perturbation dans la pièce, quand le mécanisme de remontage quitte un barillet pour attaquer l'autre. La modération de leur prix rehausse le mérite des beaux produits des ateliers de M. Audemars; nous nous en occuperons plus longuement en examinant ses pièces de haute précision.

Les montres de M. Mercier, de Genève, étaient remarquables par le bon goût qui avait présidé à leur ornementation; dans sa nombreuse collection il s'en trouvait à l'usage des sourds et des aveugles. M. Mercier est auteur d'un nouvel échappement composé de deux roues engrenant ensemble et ayant des dents alternativement de longueur différente; cet échappement solide est facile à établir à bas prix.

Nous ferons les mêmes éloges de la grâce de l'ornementation des montres de MM. Patech, Philippe et Cie. La bonne exécution de leurs produits est obtenue avec économie de main-d'œuvre; la modération du prix assigné à chacune de leurs pièces ajoute un mérite auquel les acheteurs ne sont pas insensibles. Ces exposants se flattent d'avoir placé à Londres, sous les yeux du public, la plus petite montre de toute l'Exposition.

MM. Baron et Uhlman, de Genève, se recommandaient par la bonne fabrication de leurs montres à cylindres et autres échappements. M. Boch, du Locle en Suisse, et M. Bolton, de Coventry, en Angleterre, offraient des assortiments de montres à boîte d'argent et de métal plus commun plaqué d'or et d'argent, remarquables par leur bon marché.

Parmi les montres anglaises, nous en trouvons une sus-

pendue par M. W. Pettit, de Londres, dans un bocal plein d'eau, afin de bien constater l'imperméabilité de fermeture du drageoir de son verre et des diverses parties de sa boîte d'argent. Nous avouons que la nécessité de garantir un mouvement de montre des influences de l'humidité atmosphérique ou de celle résultant de la sueur de celui qui la porte, ne nous a point semblé assez généralement ressentie pour que nous ayons cru devoir étudier par quel moyen la fermeture de la boîte de cette montre était rendue si parfaitement étanche. Mais la vue du singulier spectacle d'une montre dont les aiguilles se mouvaient au milieu du même liquide dans lequel un poisson rouge prenait ses ébats nous a remis en mémoire une autre idée bien autrement utile, et pourtant que nous avons le regret de ne voir appliquée nulle part, nous voulons parler de la judicieuse pensée de M. Henry Robert, de Paris, qui, pour éviter l'introduction de la poussière dans les machines horaires les munit d'un diaphragme élastique permettant à l'air renfermé sous la cloche d'une pendule ou même dans la boîte d'une montre de se dilater ou de se condenser sans jamais se renouveler. Cette précaution, appliquée aux pièces marines, les soustrairait infailliblement à l'oxydation; leurs huiles, peut-être même, pourraient s'en bien trouver.

Plusieurs horlogers ont tenté de prolonger la durée de la marche des montres, d'éloigner le moment du remontage du grand ressort. Nous rencontrons des tentatives de ce genre dans les produits de la France, de l'Angleterre, de la Suisse; ainsi nous voyons des montres marchant huit jours, par M. Vuillemier, du canton de Berne, Mermooz, du canton de Vaud; un mois, par M. Boyer, du Jura; un an et plus par M. Bovet; même trois ans par M. Bell, de Londres. Ces résultats obtenus par une augmentation considérable de la force du grand ressort et de plus nombreux engrenages, ou par l'addition de barillets auxiliaires, ne constitue pas un réel progrès en horlogerie. Nous n'en dirons pas de même des montres à masse, se remontant seules par le fait de la marche

de la personne qui porte ces montres, comme on en voyait une dans l'exposition de M. Fraigneau de Paris, invention d'origine allemande, singulièrement perfectionnée dans la maison Breguet, adoptée par M. Mugnier pour la montre qui lui avait été commandée par S. M. l'Empereur Napoléon Ier.

Une montre à ressort, dit de fusil, parce que le ressort moteur est composé d'un morceau d'acier façonné comme le grand ressort d'une arme à feu, se trouvait dans la partie anglaise à l'exposition de M. E. Holl, de Londres; le peu de mouvement opéré par le ressort très-roide, a besoin d'être multiplié par une série d'engrenages dont la complication surpasse de beaucoup la prétendue simplicité du moteur.

M. Jackson, de Clerkenwell, a adopté, pour le remontage de ses montres, le principe inverse de celui généralement employé; dans ses pièces, c'est l'axe du barillet qui est percé et équarri, et c'est l'extrémité de la clef qui est façonnée en prisme quadrangulaire; il a donné le nom nouveau de montre soliclave, à cette construction, qui est loin de constituer une invention à son profit, puisqu'elle n'est que la reproduction d'une très-vieille pratique de feu Breguet pour ses pièces de très-petit volume.

La beauté et la bonté des mouvements exposés par M. Benoît dans la partie sarde, comme spécimen des produits de la manufacture de Cluze, faisaient faire des vœux pour le succès de cet établissement, fondé par le roi de Sardaigne afin de naturaliser dans ses États une industrie qui peut devenir, pour ses sujets, une source de richesses. On reconnaissait à leur calibre que ces montres avaient été exécutées sous la direction habile de l'artiste français qui s'est efforcé vainement de développer à Versailles, dans sa patrie, une industrie qui eût affranchi la France du lourd tribut qu'elle paye à la Suisse, pour ses montres de commerce, dont l'importation annuelle s'élève à près de 12 millions de francs.

DE L'HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION.

Nous allons classer en diverses catégories ce qu'il y avait de remarquable à l'Exposition en ce genre d'horlogerie, vrai triomphe du génie de l'homme, puisque, pour atteindre le but si difficile d'une exacte mesure du temps, il a dû mettre à contribution la mécanique appliquée, la géométrie, la physique, la chimie. En effet, ce n'est que par d'intelligentes combinaisons de leviers, par la perfection des courbes épicycloïdales des dentures, par l'isochronisme des spiraux, par l'égalité de la force motrice, par la compensation des balanciers, par la diminution des frottements, par le choix des huiles, qu'un artiste en haute horlogerie peut obtenir le succès.

Nous nous expliquerons d'abord sur le mérite des régulateurs astronomiques à pendule; nous examinerons ensuite les progrès qu'ont pu faire les chronomètres marins à suspension et ceux dits *garde-temps* de poche; nous parlerons de quelques pièces d'horlogerie destinées à l'étude de phénomènes spéciaux. Nous terminerons cette partie de notre compte rendu par la description de quelques appareils et l'indication des perfectionnements subis par certains outils employés pour l'exécution de la haute horlogerie.

Des régulateurs astronomiques.

La plupart des régulateurs astronomiques exposés étaient à poids et à pendule compensé par le mercure; la construction la plus ordinaire de ces sortes de pendule consiste en une tringle d'acier terminée en étrier et supportant une éprouvette de verre contenant la quantité de mercure convenable pour compenser, par sa dilatation propre, les variations de longueur de la tringle qui la supporte; la simplicité de ce pendule, son mécanisme sans frottements entre les diverses parties, comme cela arrive dans les combinaisons fer et cuivre à leviers ou à grille, lui a fait généralement donner la préférence; une compensation exacte est facilement obtenue entre

les limites du calcul par quelques essais qui font connaître la quantité précise de mercure qu'il convient d'employer pour compenser une certaine tringle d'acier; rien d'aussi facile que d'ajouter ou d'ôter du mercure jusqu'à ce que sa hauteur dans l'éprouvette soit à la longueur de la tringle d'acier dans les mêmes rapports que leurs dilatations réciproques. Quelques artistes ont pensé, à juste raison, qu'il fallait aussi, dans ces sortes de pendules tenir compte de la conductibilité, pour que la masse du mercure puisse être mise en équilibre de température avec l'air ambiant dans le même temps que la tige d'acier. Ils ont eu l'heureuse pensée de diviser le mercure en une série de capacités pour augmenter ainsi les surfaces touchées par l'air. Cette disposition se faisait remarquer, dans la partie française, au régulateur de M. Gannery, enlevé à son art si jeune, et alors pourtant qu'il avait déjà si bien prouvé tout son amour pour lui. On la voyait, dans la partie anglaise, dans un très-curieux régulateur de MM. Aubert et Klaftenberger, pièce très-remarquable sous d'autres rapports encore, que nous avons eu le regret de ne pas voir suffisamment appréciée. Disons, pour rester juste envers ceux qui ne sont plus, que la première pensée de la division du mercure pour assurer la rapidité de la compensation appartient à M. Duchemin, l'une des gloires de l'horlogerie française. Cet habile artiste avait su encore, en articulant au bout de la tringle le faisceau de tubes de verre dans lesquels il renfermait son mercure, faire varier, par le seul fait de l'inclinaison des tubes, le rôle que joue le centre de gravité du mercure par rapport à la dilatation de la tringle d'acier; en cherchant le degré convenable d'inclinaison, M. Duchemin avait l'avantage de trouver expérimentalement la compensation sans modifier le poids de son pendule, puisque l'inclinaison du faisceau remplaçait pour lui les additions et les soustractions de certaine quantité de mercure.

La disposition aussi simple qu'élégante du pendule à mercure de M. Loseby, dans la partie anglaise, mérite d'être décrite : au lieu de terminer sa tringle d'acier en étrier, pour

supporter le réservoir à mercure, il se borne à faire passer cette tringle restée droite au travers du réservoir, et les choses sont disposées de façon, grâce à deux bouchons bien rodés, qu'un écrou placé à l'extrémité inférieure de la tige peut soulever ou abaisser le réservoir à mercure pour régler la longueur du pendule sans qu'il y ait fuite de mercure; un petit orifice spécial placé sur le réservoir permet, à l'aide d'une pipette, de mettre ou d'ôter du mercure jusqu'à ce que l'exacte compensation soit trouvée. M. Dent enferme son mercure dans un cylindre de fer dont la conductibilité rend les effets plus prompts, mais dont la dilatation, en augmentant la capacité du réservoir, les diminue. Feu Pecqueur avait su tirer de la conductibilité du fer les deux avantages à la fois. Le mercure compensateur du pendule de l'horloge astronomique qui lui valut la médaille d'or à l'une de nos expositions nationales, était contenu dans l'espace annulaire laissé entre un cylindre de verre et un cylindre de fer placé concentriquement; les changements de volume du cylindre intérieur de fer se convertissaient, par cette disposition, en une diminution de capacité du réservoir, par conséquent en un exhaussement du centre de ravité du mercure. L'effet inverse se produit dans le réservoir tout métallique de M. Dent.

M. Elisha, de Londres, combine la dilatation du mercure avec celle d'une lame bimétallique; deux éprouvettes remplies de mercure sont supportées par les extrémités recourbées de la lame bimétallique. A l'élévation du mercure dans les éprouvettes s'ajoute l'exhaussement des éprouvettes mêmes qui le contiennent par suite du mouvement d'ouverture des bras recourbés de la lame bimétallique.

La suspension des pendules était, dans presque tous les régulateurs astronomiques de l'Exposition, formée d'une lame de ressort : cette disposition est bien préférable à la suspension à couteau oscillant dans une gouttière d'acier, même d'agate ou autre matière très-dure; non pas qu'il faille une moindre puissance pour entretenir les vibrations d'un pendule suspendu à une lame, puisque l'effort nécessaire

pour faire fléchir la lame sans frottement peut dépasser la résistance du couteau berçant son tranchant dans la gouttière.

La vraie raison de préférence consiste dans la propriété qu'on peut donner à la lame de suspension de rendre les grands et les petits arcs isochrones comme sont les arcs cycloïdaux décrits par une boule suspendue à un fil oscillant entre deux secteurs, contre lesquels le fil vient se courber pendant chaque oscillation. L'honneur de l'isochronisme tronvé dans une lame de suspension, convenablement façonnée, appartient incontestablement à M. Winnerl. Ferdinand Berthoud en avait eu la pensée, mais il avait vainement cherché la solution du problème dans la flexibilité et la longueur du ressort. Clément, de Londres, n'avait pas été plus heureux en suivant la même route : tous deux tournèrent le dos au but, puisque c'est la brièveté et la rigidité de la lame qui assurent le succès. M. Laugier, membre de l'Académie des sciences, le démontre dans le savant mémoire où il fait connaître les rapports de longueur et d'épaisseur que doit avoir la lame avec le poids de la lentille pour obtenir l'isochronisme des arcs, quelle que soit leur amplitude. M. Loseby, de Londres, en faisant battre la tringle de son pendule contre un ressort, avait eu une pensée analogue pour arriver au même résultat. Voici la disposition qu'il a choisie : il forme avec une lame de ressort un cercle complet qu'il place dans le plan d'oscillation, de façon à être touché par la tringle du pendule une fois par chaque double oscillation; le diamètre du cercle, le point de contact avec la tringle, sont variables pour trouver expérimentalement l'effet le plus convenable.

Nous ne terminerons pas cette énumération des différents pendules employés dans les régulateurs astronomiques sans parler de celui à tringle d'acier et de cuivre auquel M. Dubois, du Locle, a ménagé une compensation variable au besoin par la possibilité de modifier le rapport de longueur de chacune des tiges des deux métaux, dont la dilatation doit se mutuellement compenser.

Nous indiquerons, pour mémoire seulement, le balancier du régulateur de M. Hutton, de Londres, dont la lentille oscille entre deux écrans pivotant sur leur axe par le fait de l'élévation ou de l'abaissement d'une colonne barométrique de mercure; l'auteur s'est proposé de compenser ainsi les différences de résistance qu'un pendule peut rencontrer dans l'air par suite des changements de sa densité; cette pensée est louable, puisqu'elle prouve l'extrême désir de l'artiste de soustraire sa machine horaire à une cause d'irrégularité dont, jusqu'ici, on ne s'était pas préoccupé; des expériences longtemps suivies et des observations exactement faites peuvent seules faire juger de l'utilité de cette innovation. Nous ne citerons le pendule conique de M. A. Gerard, d'Aberdeen, que pour rappeler que cette invention d'Huyghens, reproduite en France à plusieurs de nos expositions, était aussi devenue le but des études de M. Pecqueur; en combinant un pendule conique à verge flexible avec un secteur sur lequel la verge s'infléchissait à mesure que la lentille s'éloignait du centre par l'effet de la force centrifuge pendant le mouvement giratoire, M. Pecqueur était parvenu à l'isochronisme des grands et des petits arcs décrits par un tel pendule.

Des échappements des régulateurs astronomiques.

Poursuivons notre description des régulateurs astronomiques; en remontant des effets à la cause, passons du pendule à l'échappement, c'est-à-dire au mécanisme par l'intermédiaire duquel la force motrice, que nous avons dit être presque toujours un poids pour ces sortes de pièces, entretient les oscillations du pendule.

L'échappement le plus généralement employé dans les régulateurs de l'Exposition était celui à ancre de Graham. Quelques exceptions pourtant pourraient être signalées: ainsi nous avons vu avec intérêt une ingénieuse modification de cet échappement par M. Airy, directeur de l'Observatoire royal de Greenwich, exécuté par M. Dent, dans un régulateur astronomique placé par lui à côté de sa grosse horloge comme pour en con-

trôler la marche; la modification imaginée par le savant astronome, dans le but d'obtenir des arcs toujours égaux dans les oscillations du pendule, consiste principalement à avoir doublé toutes les pièces de l'échappement pour faire agir le premier échappement sur le second par l'intermédiaire d'un ressort spiral. Le premier échappement, dont l'ancre n'a point de plans inclinés, règle le déroulage du rouage et tend le ressort spiral qui, en se débandant, mène le second échappement, chargé seul d'entretenir les oscillations du pendule.

Le régulateur de M. E. W. Dubois, du Locle, était pourvu d'un échappement n'agissant que de deux vibrations l'une, ayant le double mérite de réaliser incontestablement les conditions si recherchées et généralement si peu obtenues dans les échappements dits libres et à force constante; en effet, dans tous ces mécanismes, que la force constante soit puisée dans un poids ou dans un ressort, pour que la perte résultant de l'impulsion donnée au pendule soit restituée par le moteur principal, à poids ou à ressort lui-même, il faut nécessairement, comme nous l'avons dit en traitant des remontoirs des grosses horloges, qu'une certaine fonction, appelée *dégagement,* s'opère pour laisser agir le rouage principal sur l'appareil intermédiaire de force constante. Nous avons fait remarquer que ce travail était lui-même variable, puisque le dégagement reste soumis aux inégalités d'action du moteur principal, qui exerce sur l'arrêt une pression pas toujours semblable. Le dégagement peut être opéré de deux façons : si c'est le pendule qui l'exécute pendant les oscillations, comme dans l'horloge de M. William Broking, de Hambourg, plus de régularité dans l'amplitude des arcs, partant plus d'isochronisme ; si c'est la roue d'échappement, plus de force constante, puisque l'impulsion donnée au pendule sera amoindrie de la quantité d'effort absorbé pour le dégagement, et nous venons de répéter qu'il est fatalement variable. Dans ce second cas, comme dans le premier, les arcs d'oscillation du pendule ne seront pas constamment égaux. Aussi M. Gannery, dans la partie française; M. Gowland, dans la partie anglaise; M. Nie-

BERG, dans la partie hambourgeoise, tout comme M. WAGNER, dans la partie française, en sollicitant les vibrations de leur pendule par la chute d'un poids dont une partie de la gravité est absorbée par le dégagement opéré pendant la chute qui donne l'impulsion, n'ont-ils fait que des régulateurs à balancier libre, mais non pas à force constante; l'artiste anglais, M. Gowland, en faisant agir, par l'intermédiaire d'une fusée, son barillet pour relever ses deux petits poids de force constante, semble avoir pris le soin d'avertir lui-même qu'il avait manqué le but.

M. HOUDIN, de Paris, dans ses régulateurs, dont la belle exécution provoquait les éloges les mieux mérités, a su annihiler l'inconvénient en faisant arrêter l'extrémité d'un levier adhérent à l'axe du dernier mobile du rouage chargé de relever le poids ou de réarmer le ressort de la force constante sur un petit cylindre fendu en quatre, monté sur l'extrémité du pivot de la roue d'échappement. Les fentes laissent passer le levier et filer le rouage toutes les fois qu'elles se présentent dans la ligne d'appui du levier; la pression variable du corps de rouage se trouve divisée par la différence très-grande des rayons du levier et du cylindre fendu, elle se trouve ainsi tellement réduite, qu'elle reste sans influence sur le pivot de l'échappement, qu'elle presse sans inconvénient suivant la ligne du centre, comme nous l'avons expliqué en parlant d'une disposition analogue, employée par M. Dent pour sa grosse horloge; cette construction a été reproduite par lui dans son horlogerie de haute précision, pour régler la marche d'une pendule portative.

M. F. W. DUBOIS, du Locle, en artiste habile, a tourné la difficulté autrement : le dégagement opéré par son échappement n'est plus celui variable du rouage, mais bien celui à résistance uniforme de la force constante, qui n'occasionne aucune perturbation dans les oscillations de son pendule; son mécanisme à poids étant sur le même principe que celui à ressort de M. Marenzeller et de M. Louis Richard, dans des chronomètres à suspension, de M. Retor, dans un chronomètre de

poche, nous en donnerons la description en rendant compte des montres marines. Ce problème, très-difficile à bien résoudre, préoccupe les artistes en horlogerie depuis des siècles; la première solution en fut proposée par Huyghens, en 1675; une autre par Gaudron, en 1730. Halley et Breguet ont tenté de le résoudre pour les montres, il y a déjà plus de 70 ans. Depuis eux, une foule de solutions ont été proposées, notamment par l'infatigable M. Pons, qui semblait en avoir fait l'occupation habituelle de son esprit si ingénieux et si fécond; mais nous sommes forcé de reconnaître que presque toujours les inconvénients pratiques résultant de la complication de ces mécanismes ont dépassé les avantages théoriques que l'on attendait de leur savante combinaison.

On remarquait dans la partie anglaise, aux expositions de M. Dent et de M. Bain, deux régulateurs, dont les pendules recevaient leur impulsion par la lentille. L'un n'était que la reproduction d'une idée exécutée par feu M. Brosse, horloger très-instruit de Bordeaux, qui avait eu aussi la pensée de faire des régulateurs astronomiques portatifs et destinés aux observations pendant les stations d'un long voyage, dont les ancres de l'échappement à la Graham étaient portées par la tige même du pendule, comme le pratique avec grand succès, pour ses régulateurs à demi-seconde, le très-habile M. Winnerl; comme l'a exécuté, pour une horloge publique, M. Wagner, avec un échappement à recul.

Le balancier du régulateur de M. Bain est aussi sollicité par la lentille, mais non plus par un échappement mécanique, mais par l'action de deux électro-aimants, entre lesquels oscille la lentille, qui en renferme elle-même un troisième, changeant de pôle à chaque oscillation; or, comme il est très-difficile de régler d'une façon uniforme et durable l'action des piles, les arcs décrits par ce balancier participent naturellement à toutes les variations d'intensité du courant, qui détermine le pouvoir alternatif des électro-aimants servant de moteur au régulateur de M. Bain. M. Shepered, mieux avisé, tout en employant l'électricité comme moteur de son régula-

teur, mais en l'appliquant seulement au réarmement d'une force constante puisée dans un poids, a su, pour sa grande horloge qui donnait l'heure sur la façade du pavillon central du Palais de Cristal, éviter un tel inconvénient.

Nous pouvons citer, pour mémoire seulement, n'ayant pas pu en contrôler la marche, le régulateur très-bien exécuté de M. Funch, dans la partie danoise, dont l'échappement ne communique l'impulsion au pendule que toutes les dix secondes.

Nous mentionnerons, comme des régulateurs tous dignes d'éloges, quoique ne contenant aucunes dispositions nouvelles, ceux de MM. Parkinson et Frodsham, de Londres, et de M. Hohwn, d'Amsterdam.

Nous ne dirons qu'un seul mot de l'échappement à rouleau de M. Deshays, de Paris, abandonné depuis longues années par son auteur, repris par l'horloger anglais Mac-Dowal et exposé comme son invention personnelle sous le nom nouveau de *single pin escapement*. Notre déférence pour les décisions du jury, alors que, dans cette circonstance comme dans plusieurs autres, nous nous sommes trouvé d'un avis différent de la majorité de nos collègues, ne nous permet pas d'infirmer par une discussion critique le mérite de cet échappement jugé digne d'une médaille de prix; il nous suffira, pour expliquer notre opinion défavorable, de faire remarquer qu'un tel échappement exige, de la part du dernier mobile, un tour complet pour chaque double vibration du pendule.

Le singulier régulateur de MM. Aubert et Klaftenberger, de Londres, mérite d'être décrit. Cette pièce, très-originale, était à balancier à mercure, fractionné dans une série de tubes de verre, comme nous en avons signalé précédemment l'avantage, à échappement à ancre de Graham; elle était, de plus, pourvue d'un remontoir tout exceptionnel, à échappement lui-même à ancre et à pendule oscillant.

Entre deux platines formant cage commune, sont groupés verticalement l'un au-dessus de l'autre, à une certaine dis-

tance, deux corps de rouage distincts, l'un mû par deux barillets à ressort, l'autre par un poids léger; chacun est pourvu de son échappement et de son pendule; les corps de rouage sont reliés entre eux par une roue insérée dans l'espace qui les sépare, et portée elle-même sur une traverse appartenant à un triangle articulé par son sommet avec un point fixe rivé sur le haut de la cage, engrenant, par sa base curviligne dentée en forme de rateau, avec une dernière roue ou pignon, dont l'axe est pourvu d'une poulie à double gorge.

Dans les gorges de cette poulie double sont enroulés en sens opposé deux cordons; l'un supporte le poids de force constante du rouage principal, l'autre sert de suspension au balancier à demi-secondes du rouage à barillet du remontoir. Si l'on se donne la peine de réfléchir sur une pareille composition, on concevra que la roue intermédiaire portée sur la traverse du triangle, engrenant elle-même à la fois avec les deux corps de rouage qui marchent en sens inverse, ne subira qu'un mouvement angulaire autour de son propre axe tant que la vitesse des deux corps de rouage restera la même, mais qu'elle éprouvera au contraire une tendance au déplacement de son centre de rotation dès que les vitesses des deux rouages ne seront plus semblables; or elle ne pourra pas être entraînée par la différence de marche des rouages sans déplacer le triangle sur la traverse duquel elle est installée; par conséquent sans que celui-ci, par sa base dentée, n'imprime à la roue ou pignon, dont l'axe porte la poulie aux deux gorges, un certain mouvement angulaire, qui aura pour effet d'allonger ou de raccourcir le cordon du poids moteur principal, et celui qui sert de suspension au balancier à demi-secondes qui règle le déroulage des barillets du remontoir.

Le déroulage variable du remontoir à barillet sera ainsi constamment mis en rapport avec le cheminement régulier du rouage principal mû par la force constante, puisque toute différence de vitesse entre les deux rouages se traduirait finalement, par suite de cette composition mécanique, en une modification

des oscillations du petit pendule du remontoir, justement convenable pour rétablir l'uniformité de marche. Disons, pour terminer cette description, que le balancier à demi-secondes ne fait pas, par sa masse, équilibre au poids moteur, et que c'est précisément cette différence qui constitue la force constante chargée seule d'assurer l'isochronisme des oscillations du pendule à mercure de ce très-singulier régulateur

Nous voudrions pouvoir laisser l'honneur de cette ingénieuse invention aux deux habiles artistes étrangers qui l'ont exposée, mais le besoin de rester vrai et juste envers nos compatriotes nous oblige à réclamer, pour M. Brocot, de Paris, le mérite d'exécution du double corps de rouage du régulateur, dont l'idée première appartient incontestablement à feu Pecqueur, puisqu'elle a été par lui déjà réalisée il y a longues années dans son appareil à régler les montres en quelques instants, par la réaction d'une pendule en l'absence même de l'horloger; cet appareil, qui constitue l'une des plus utiles applications de ses engrenages satellites, est malheureusement trop peu connu et trop rarement employé : nous le ferons sortir de l'oubli en traitant des machines auxiliaires de l'horlogerie.

Nous venons d'essayer de faire comprendre une disposition bizarre de remontoir, appliqué à un régulateur astronomique, nous ne quitterons pas ce sujet sans en avoir signalé une autre qui a aussi son cachet d'originalité, nous voulons parler du remontoir de M. Pescheloche, d'Épernay. Nous nous bornerons à en indiquer le principe; lui aussi emploie un barillet à ressort pour relever un poids servant de force constante, mais, pour se débarrasser des inégalités d'efforts du ressort, il n'a rien trouvé de plus simple que d'opposer le ressort à lui-même en le faisant agir par ses deux extrémités sur un même rouage; un état d'équilibre s'ensuivrait si le poids de la force constante agissant seulement sur l'une des extrémités ne le détruisait; par ce stratagème, le ressort se débande et relève le poids de force constante toujours dans les mêmes conditions, jusqu'au moment où sa tension ne fait plus qu'égaler ce poids lui-même, auquel cas l'équilibre s'é-

tant établi entre tous les organes, le mécanisme cesse de fonctionner.

Des chronomètres marins.

Les machines horaires destinées à donner la longitude en mer sont de deux natures : les unes, d'un volume plus ou moins gros, sont installées au centre de deux anneaux de cuivre articulés à diamètre croisé, comme les suspensions de boussole ; les autres, de la dimension d'une montre seulement, s'appellent, à cause de cela, chronomètres de poche.

Les principes adoptés et suivis pour la construction des uns et des autres sont les mêmes, ils ne diffèrent entre eux que par la dimension donnée aux organes ; il ne sera donc pas nécessaire d'en faire deux catégories séparées comme pour les horloges astronomiques.

Nous allons nous expliquer successivement sur les parties principales de ces intéressantes machines, en remontant, comme nous l'avons fait déjà pour les autres pièces d'horlogerie, de l'organe régulateur qui termine le rouage jusqu'à la force motrice qui le fait cheminer. Nous parlerons tout d'abord des balanciers circulaires des chronomètres : les fonctions de cet organe sont absolument les mêmes que celles du pendule, quoique le mouvement en soit très-différent ; le pendule oscille lentement, c'est-à-dire le plus ordinairement une fois par seconde, deux fois dans les pendules à demi-seconde ; le balancier prend sur son axe un mouvement angulaire alternatif, rapide, qui se reproduit suivant les nombres adoptés pour les dentures des roues, depuis deux vibrations doubles jusqu'à cinq par seconde. Cet organe régulateur, comme le pendule, doit être soustrait aux influences de température ; en agissant non-seulement sur lui, mais encore sur le ressort spiral qui détermine son mouvement alternatif, les variations de température tendent à changer la durée des oscillations. On comprend, en effet, que, si le balancier est augmenté en diamètre par la chaleur, les oscillations seront nécessairement plus lentes ; elles deviendront plus brèves, au contraire, s'il

est diminué par le froid; par contre, le ressort spiral allongé par la chaleur est rendu par elle plus flexible; il se raccourcit et devient plus résistant par le froid.

La tâche de l'artiste en chronomètre n'est donc pas facile, car ce sont ces effets contraires qu'il doit concilier et annuler. Des constructions très-diverses de balanciers ont été essayées et abandonnées; nous nous contenterons de décrire celles le plus généralement employées.

Comme dans le pendule, la compensation du balancier circulaire a été cherchée et trouvée dans la différence de dilatation des métaux. Un disque d'acier, placé dans un creuset avec de la grenaille de cuivre, est environné, par la fusion, de ce dernier métal; cet assemblage métallique est façonné sur le tour en forme de cercle, dont l'épaisseur est tout à la fois composée d'acier et de cuivre. On a bien fait quelques balanciers en joignant, par une soudure ou par des rivets, une lame d'acier à une lame de cuivre, mais ce procédé, donnant une union moins intime, n'est guère suivi que pour les balanciers non circulaires dont nous parlerons un peu plus tard. Le cercle bimétallique est adhérent à un ou plusieurs bras, un axe à pivot est installé au centre du tout. Le cercle du balancier est coupé en autant de segments qu'il y a de bras; chaque bras se trouve ainsi muni de son secteur; au bout de chaque bras se place la masse dite de réglage de temps; sur les secteurs et à une place que l'expérience détermine se fixe la masse dite de compensation; c'est elle qui est destinée à combattre par un effet inverse le rapprochement ou l'éloignement des masses de réglage, par suite des modifications apportées dans la longueur des bras du balancier par les changements de température. Disons comment cet effet de compensation est obtenu : il est le résultat de la différence de dilatation de l'acier et du cuivre; la lame de cuivre placée à l'extérieur est plus dilatable que celle d'acier qui forme le cercle intérieur; elle réagit sur elle et la force à se fermer ou s'ouvrir, suivant qu'elle s'allonge ou se raccourcit elle-même davantage. C'est ainsi que les masses portées par les secteurs

sont, de leur côté, éloignées ou rapprochées du centre de rotation. Des effets inverses de ceux subis par les masses de réglage de temps compenseront leurs déplacements, s'ils sont en juste proportion. Le déplacement étant proportionnel à la longueur des secteurs, le réglage de la compensation consiste à trouver quelle longueur de secteur il faut intercaler entre les deux genres de masse.

Comme pour les pendules à grilles (système Harrisson), l'acier et le cuivre sont les métaux le plus généralement employés pour la confection des balanciers bimétalliques ; pourtant, la pensée d'éviter les perturbations de marche résultant de l'influence magnétique, si les bras d'un balancier acier et cuivre viennent à se polariser, a conduit M. Vissière, jeune artiste français, dont les chronomètres se distinguent entre tous par leur excellente exécution, à chercher la compensation dans la différence de dilatation de l'or et du platine.

M. Loseby, de Londres, a voulu faire concourir le mercure à la compensation d'un balancier circulaire, tout comme à celle d'un pendule ; en cela, il n'aurait fait que reproduire une tentative de Pierre Leroy; mais disons avec justice que l'artiste anglais, dont les œuvres à l'Exposition attestent une préoccupation constante pour le perfectionnement de son art, a su tirer de la dilatation du mercure un parti tout spécial en l'employant concurremment avec les arcs bimétalliques, comme compensation supplémentaire. Pour bien faire comprendre le mérite de cette addition, expliquons ce qu'elle est et son but : l'expérience a prouvé qu'un chronomètre cessait d'être parfaitement réglé par des températures extrêmes; cette anomalie a plusieurs causes ; la résistance croissante que les arcs bimétalliques éprouvent à s'ouvrir ou à se fermer au delà d'une certaine limite, par suite de la tension que subissent les lames qui doivent être suffisamment récrouies pour faire ressort et ramener le balancier à sa forme, dès que la température est redevenue semblable à celle par laquelle le balancier a été construit, joue le moindre rôle. Quelques esprits subtils attribuent aussi une influence à la force centri-

fuge, puisqu'elle agit contrairement à l'effet à produire; quand il importe, par exemple, que les masses de compensation se rapprochent du centre pour obtenir l'accélération du balancier, cette accélération même dans sa vitesse angulaire, en développant la force centrifuge, tend à les éloigner. La véritable cause est par-dessus tout dans les modifications de longueur et de flexibilité apportées au ressort spiral par les températures extrêmes.

M. Loseby a eu l'heureuse pensée de former sa masse de compensation avec le réservoir d'un petit thermomètre à mercure, dont la tige se dirige vers le centre du balancier, en suivant une courbe tracée de façon à faire jouer à la colonne de mercure, malgré sa marche uniforme et proportionnelle à la température dans le tube recourbé, un rôle pourtant très-variable pour le déplacement du centre de gravité, la courbure étant d'autant moins prononcée qu'elle se rapproche plus du centre.

Un allongement d'un millimètre de la colonne de mercure aura une influence tout autre s'il se produit dans la partie du tube la plus courbée et qui fait presque partie du cercle du balancier, ou bien si c'est dans la partie redressée et qui se rapproche du centre en suivant un rayon que le mercure se dilate. En soumettant le tracé de la courbe à certaines conditions mathématiques, et en articulant le thermomètre avec l'arc bimétallique qui le porte, il est possible, avec cet auxiliaire, de faire disparaître, pour les températures extrêmes, les anomalies de compensation que nous avons signalées comme défaut inhérent aux balanciers bimétalliques circulaires.

MM. Eiffe et Dent sont les premiers horlogers qui se sont donné cette tâche difficile. M. Dent avait cru arriver facilement au but en faisant son ressort spiral en verre et en formant son balancier d'un disque de même substance; la très-petite dilatation de l'un et de l'autre, par suite du choix de cette matière si peu dilatable, devait être compensée par deux petites lames de platine portées par le balancier. Abandonnant ces essais, il a jugé plus convenable d'opposer les inconvé-

nients des lames bimétalliques à eux-mêmes, et, par une ingénieuse construction, il y est parvenu. La variation seule du plan dans lequel les masses de compensation sont déplacées résout son problème. Son balancier n'a plus la forme circulaire; il se compose d'une traverse bimétallique rectiligne reliée, à chacune de ses extrémités, avec une seconde lame bimétallique rectiligne repliée sur elle-même en forme de pincette; à la branche de la pincette, qui n'adhère pas à la traverse, il fixe une tige filetée sur laquelle la masse de compensation se visse.

La compensation pour toutes les températures résulte du jeu combiné de ces organes; tâchons d'en faire saisir la raison. La traverse bimétallique, en se courbant par suite de la dilatation inégale de l'acier et du cuivre qui la compose, rapproche ou éloigne du centre de rotation de ce balancier les masses de compensation vissées sur les tiges rivées au bout de l'un des bras des pincettes bimétalliques installées sur chacune de ses extrémités. Après une certaine flexion à peu près uniforme et suffisamment efficace pour les températures moyennes, commencent, pour les températures extrêmes, les anomalies de compensation.

A ce moment, c'est aux pincettes à suppléer à l'insuffisance du déplacement du centre de gravité des masses, par le fait seul de la courbure de la traverse. Voici comment elles complètent la compensation : en s'ouvrant elles soulèvent, en se fermant elles abaissent les masses qu'elles portent à leur extrémité; elles ajoutent ainsi aux effets propres de la traverse. Or il est possible de régler leur action pour trouver exactement la quantité de compensation supplémentaire désirable, il suffit pour cela de faire varier l'angle sous lequel la pincette est articulée à la traverse. Si la pincette faisait suite à la traverse, en s'ouvrant elle éloignerait du centre la masse de compensation que la courbure de la traverse en avait rapprochée, et en annihilerait ainsi les effets; si, au contraire, elle lui était superposée parallèlement, les deux effets de déplacement de la masse de compensation s'ajoutant, le but pourrait être

dépassé. Une certaine position angulaire, que l'articulation de la pincette avec la traverse permet de trouver expérimentalement, fournit exactement, par le soulèvement ou l'abaissement des masses le complément de compensation convenable pour les températures extrêmes, chaudes ou froides. La hauteur où les masses sont vissées sur les tiges est un premier moyen de régler les effets de compensation; les masses de réglage du temps sont vissées sur une traverse particulière d'un seul métal et formant la croix avec celle bimétallique.

Pour obtenir la compensation additionnelle, M. Charles Frodsham a superposé, sur la traverse de son balancier bimétallique circulaire construit à l'ordinaire, une barrette bimétallique portant des masses vissées sur des tiges filetées rivées à ses extrémités. Cette barrette est solidement unie par son point milieu avec l'axe du balancier; des vis, taraudées dans son épaisseur, à certaines distances des deux extrémités, permettent de lui donner, en prenant leur point d'appui sur la traverse du balancier, une courbure préalable qu'un excès de température peut seul augmenter pour rapprocher du centre les masses dont la hauteur variable sur les tiges filetées est aussi un moyen de régler l'influence; cette barrette bimétallique est l'invention de Dallas.

MM. Barraud et Lund, de Londres, offraient aussi, dans leur exposition, un balancier circulaire exécuté sur grande échelle avec des combinaisons métalliques pour obtenir le même résultat; il serait difficile d'en faire comprendre la disposition assez compliquée, sans un dessin.

Nous venons de parler des balanciers. Avant de passer aux échappements qui les mettent en mouvement, arrêtons-nous un instant sur les ressorts spiraux.

On en voyait de formes variées. Nous venons de parler de ceux en verre de M. Dent, mentionnons aussi ceux en or de M. Jurgensen, de Copenhague; mais, par-dessus tout, signalons ceux de M. Lutz, de Genève, pour leur inoxydabilité et leur très précieuse propriété de résister aux déformations,

alors même qu'on les redresse complétement après les avoir soumis à une température suffisante pour les recuire.

Sans la décrire, nous appelons l'attention sur la manière dont M. Frodsham arrête l'extrémité du ressort spiral pour assurer l'isochronisme des vibrations du balancier. Nous citerons encore le procédé employé par M. Lecoultre pour empêcher le renversement ou retournement du balancier dans les pièces à échappement, à ressort ou à la Duplex, très-peu différent, du reste, de celui pratiqué par M. Nicole, dans la maison Dent, de Londres. Nous indiquerons, enfin, les spiraux sphériques d'Houriet, appliqués par M. Grand-Jean, du Locle, à des chronomètres de poche.

Des échappements des chronomètres.

La plupart des chronomètres de l'Exposition étaient pourvus d'échappement à ressort de l'invention d'Arnold, modifié par Earnshaw, presque tous à détente à ressort; les détentes à pivot, qui augmentent l'influence si fâcheuse des huiles, étaient rares. Pourtant, quelques échappements du genre dit à force constante se faisaient remarquer par leur belle exécution.

Parmi ceux-ci, nous citerons celui de M. Retor, de Genève. Une double roue sert à armer un petit ressort spiral auxiliaire, porté par une longue pièce servant à communiquer l'impulsion au balancier; deux ressorts de détente, portant chacun un repos en rubis, servent à l'accrochement et au décrochement de la pièce d'impulsion d'une part, et de la roue qui la réarme de l'autre.

La pièce d'impulsion dégage elle-même, par un très-petit mouvement angulaire de cinq degrés seulement, la roue qui la réarme; c'est le balancier qui dégage la détente de la force constante. Ce mécanisme est compliqué, puisqu'il présente deux repos et quatre levées et un doigt d'impulsion en rubis; néanmoins, le peu d'inertie de toutes les pièces lui permet de très-bien fonctionner, et il a pu servir à son auteur à faire d'intéressantes expériences sur l'isochronisme d'un même res-

sort spiral pour des longueurs différentes. L'éloge que nous donnons au peu d'inertie des nombreuses pièces qui composent le nouvel échappement à force constante de M. Retor ne peut pas malheureusement s'appliquer à l'échappement à tourbillon reproduit dans une de ses pièces, par M. Auguste Favre, du Locle. Il était vraiment regrettable de voir tant d'habileté de main consacrée à l'exécution d'un mécanisme aussi peu conforme aux principes théoriques; pour éviter les anomalies de marche dans des positions diverses résultant du défaut d'équilibre d'un balancier qui peut être facilement réglé de poids, de manière à ce que le centre de masse passe par le pivot dans toutes positions, faire valser autour d'un des mobiles toutes les pièces de l'échappement, y compris le coq qui porte le balancier, c'est introduire, par suite des chocs qui résultent de l'arrêt brusque d'une telle masse et de son inertie, alors qu'il faut la remettre en mouvement à chaque impulsion, des perturbations de marche bien supérieures à celles que l'on veut prévenir. Parmi les échappements à force constante se voyait encore celui inventé par feu Jurgensen, exécuté par son fils, dans un très-beau chronomètre marin. Cette pièce et un thermomètre à ressort bimétallique, indiquant les maxima et les minima, faisait, de l'exposition de cet artiste danois, l'une des plus remarquables dans l'horlogerie de haute précision. Au point de vue théorique, l'échappement de même nature de M. Marenzeller, de Vienne, bravait toute discussion; l'artiste allemand avait très-bien compris qu'il n'y a pas de force constante si le dégagement variable du rouage du remontoir est opéré directement par le balancier, ou si une partie quelconque de la force d'impulsion est employée à cette fonction; aussi avait-il eu soin de ne faire décrocher directement, par le balancier, que l'arrêt de la force constante, laissant à la roue d'échappement le soin de dégager le rouage du remontoir, alors que tout rapport a cessé entre la dent de cette roue et la levée portée sur l'axe du balancier. Le mécanisme très-compliqué de l'horloger allemand est la reproduction, par des organes plus nombreux, d'une même

pensée, beaucoup plus simplement rendue par M. Lépine, de Paris, dans les échappements de ses pièces de voyage. Pour terminer ce que nous avons à dire sur les échappements à force constante appliqués aux chronomètres marins, nous parlerons de celui de M. Louis Richard, arrière-petit-fils du premier horloger neufchâtelois, qui soutient dignement la réputation d'habileté et de savoir que ses ancêtres ont acquise dans l'art de l'horlogerie importé par eux dans cette localité. Cet échappement, dont la force constante peut être puisée dans un poids lorsqu'il est appliqué aux régulateurs astronomiques, est, pour les chronomètres, du même genre que ceux que nous venons de citer.

Comme dans celui de M. Retor, l'impulsion est donnée par une pièce intermédiaire liée à un ressort spiral; cette pièce est armée par la dent d'une roue; son dégagement est opéré par le balancier, et c'est elle-même, après l'impulsion et lorsque toute pénétration a cessé entre le doigt qu'elle porte et la levée fixée sur l'axe du balancier, qui dégage le rouage du remontoir pour opérer son réarmement.

M. Laumain, de Paris, avait exposé deux chronomètres de poche fort bien traités; ils étaient à échappement à ressort ordinaire, mais pourtant ils offraient cette particularité, que l'échappement complet, c'est-à-dire la roue, la détente, le balancier, étaient encagés à part entre deux petites platines particulières, de façon à pouvoir être mis en place tout montés et prêts à fonctionner. Cette construction, qui facilite le réglage, est celle que M. Henry Robert a, depuis longues années, adoptée pour ses pièces marines.

Un chronomètre à deux mouvements complets insérés entre des platines communes se voyait dans l'Exposition française, parmi les produits de M. Redier; un autre à deux balanciers, ayant chacun leur échappement, mais mus par un seul et même barillet, se trouvait dans la partie suisse, à l'exposition de M. Grosclaude. Cette insertion de deux mouvements entre les mêmes platines est la reproduction des pièces doubles de feu Bréguet, qui avait observé l'in-

fluence qu'exerçaient les unes sur les autres plusieurs pendules placées sur un même rayon, et avait voulu en profiter pour diminuer leurs erreurs de marche, en les réduisant à la moyenne des écarts en avance et retard subis par ces diverses pièces.

Nous serions injustes si nous passions sous silence les chronomètres de MM. Parkinson et Frodsham, Hutton, de Londres; Baron et Ulmann, de Genève; Grand-Jean, du Locle; Audemars et Mermooz, du canton de Vaud; Courvoisier, de la Chaudefond. Toutes ces pièces, d'une remarquable exécution, attestaient l'habileté de main des ouvriers qui les ont construites.

Les blancs et roulants de chronomètres exposés par MM. Huard frères, de Versailles, fabriqués avec le plus grand succès, à l'aide des machines et outils tous de l'invention de ces ingénieux artistes, méritent d'être signalés, puisque, si les ateliers de MM. Huard pouvaient exécuter d'aussi beaux produits en nombre suffisant, ils deviendraient, pour les horlogers parisiens, ce que sont les ateliers de Clerkenwell pour ceux de Londres. Nos pièces marines pourraient ainsi lutter de bon marché avec celles des Anglais et n'auraient plus rien à leur envier.

Tous les chronomètres déposés dans le Palais de cristal n'étaient point destinés à prendre la longitude en mer; plusieurs d'entre eux étaient appropriés aux besoins des sciences et avaient pour but de mesurer la durée de certains phénomènes, en indiquant leur commencement et leur fin. Le plus ancien de ces utiles appareils, où l'art de l'horlogerie semble avoir montré tout ce qu'il pouvait produire, est l'œuvre de M. Rieussec, nommé par lui chronographe pointeur, parce qu'une aiguille de seconde, munie à son extrémité d'un encrier, dépose tout en cheminant un point noir sur un cadran d'émail blanc. Le mécanisme de M. Rieussec fonctionne à la volonté de l'observateur, qui peut, par la simple pression du doigt sur un bouton, sans cesser d'observer le phénomène dont il veut enregistrer la durée, faire poser à l'aiguille de seconde

autant de points successifs qu'il lui convient de distinguer de phases ou périodes dans son observation. L'ingéniosité des combinaisons mécaniques employées par M. Rieussec pour obtenir commodément et sûrement un résultat aussi précieux pour les expérimentateurs avait tellement frappé le jury, à Londres, que l'auteur de ce mécanisme, trouvé unanimement digne de la première récompense, ne s'en est vu frustré, au très-grand regret de tous ses juges, que par l'article du règlement, qui ne permettait pas d'accorder la plus haute récompense à une invention de plus de vingt années de date. Le chronographe pointeur pendant longtemps n'a eu d'autre rival que lui-même. Dans l'origine, c'était l'encrier fixe qui déposait le point d'encre sur le cadran mobile ; la marche de l'aiguille chargée d'encre, posant, tout en marchant, le point sur le cadran laissé immobile, fut la seule modification que son auteur lui a fait subir, tout en restant fidèle à son ingénieux principe. Ce long espace de temps écoulé depuis l'invention du chronographe en usage encore aujourd'hui prouve que le difficile problème avait été tout d'abord complétement résolu et rehausse le mérite des solutions trouvées par M. Rieussec.

Parmi les très-remarquables produits de la fabrique fondée à Cluze par le roi de Sardaigne se voyait habilement reproduit, par la main si exercée de M. Benoît, son directeur, l'étonnant compteur à double aiguille de M. Winnerl, solution la plus élégante et la plus simple du problème de la mesure de la durée d'une expérience par un appareil horaire. L'arrêt d'une première aiguille marque le commencement de l'observation, la suspension de marche d'une seconde aiguille détermine sa fin. La lecture de la distance angulaire qui s'est établie entre elles deux est rendue très-commode par le repos des aiguilles. Celles-ci rendues libres, après s'être rejointes et superposées de façon à ne plus présenter que l'aspect d'une aiguille unique, vont prendre sur le cadran la place précise qu'elles auraient si leur marche n'avait pas été suspendue. Cette merveilleuse propriété de la double aiguille du comp-

teur Winnerl maintient entre les mains de l'observateur une montre bien réglée en heures, minutes et secondes du temps moyen, malgré tous les arrêts qu'elle a pu subir pendant des expériences multipliées.

On trouvait dans la partie suisse, à l'exposition de M. Grosclaude, de Fleurier, deux chronomètres à double série d'indication d'heures, minutes et secondes, dont une série pouvait être arrêtée et remise en marche pour inscrire, par la différence survenue entre chacune des mêmes aiguilles de chaque série parfaitement d'accord d'abord, la durée d'une observation.

M. Audemars exposait un chronomètre compteur du même genre, mais dont les aiguilles de secondes étaient quadruples. Une paire de ces aiguilles, rendue indépendante, pouvait au besoin servir à fractionner par cinquième ce court espace de temps. A côté de cette pièce s'en trouvaient d'autres mesurant de longues périodes, indiquant, par exemple, les jours de la semaine, ceux du cours de la lune, la succession des mois; dans leur boîte était encore renfermé un thermomètre métallique donnant, à l'aide d'une aiguille, sur un cadran spécial, les degrés de la température; une boussole se trouvait aussi dans le bouton qui couronnait leur pendant. Si l'exécution très-remarquable de ces pièces ne leur faisait trouver grâce à nos yeux, nous les laisserions silencieusement aller parer les magasins des marchands de Londres qui en ont fait l'acquisition.

M. Auguste, Favre, du Locle, avait aussi parmi ses magnifiques produits un chronomètre-pointeur, posant le point d'encre comme celui de M. Rieussec; quoique ce fût par un stratagème très-différent, l'honorabilité de cet artiste ne lui faisait réclamer pour son œuvre que le mérite d'une solution autre du principe graphique, que M. Rieussec a eu l'incontestable avantage d'imaginer, il y a longues années, pour le service des courses de chevaux.

MM. Cousens et Whiteside, dans la partie anglaise, exposaient un compteur pour la même distination; le temps du

parcours de l'hippodrome est indiqué par l'arrêt de diverses aiguilles, dont l'une fractionne la seconde en six parties.

L'âme de tous les appareils d'horlogerie portative est le grand ressort; nous ne pouvons donc point passer sous silence leur fabrication dans ce compte rendu. Les producteurs les plus importants dans ce genre sont sans contredit MM. Montandon frères; chaque année 2,000 kilogrammes d'acier fondu et plus de 12,000 kilogrammes d'acier de Styrie, sont par eux convertis en ressorts de pendules et de montres. Des procédés de fabrication mécanique très-ingénieux, des moyens très-efficaces pour obtenir la régularité de la trempe et du recuit, assurent à leurs ressorts une qualité qui les fait rechercher par les horlogers de tous les pays.

La fabrication mécanique des aiguilles de montres, des clefs à rochet, de l'invention de feu Bréguet, était représentée à Londres par les produits de M. Darier, de Genève. Nous avons vivement regretté de ne pas voir figurer dans la partie française les aiguilles pour pendules, montres et régulateurs à seconde, si finement découpées par M. Basely, de Paris. Plus de dix-huit cents grosses d'aiguilles, confectionnées avec plus de 200 kilogrammes d'acier, d'or et de composition imitant l'or, sont livrées annuellement au commerce par ce fabricant. Son moyen ingénieux de façonner à l'aide du brunissoir le canon des aiguilles montées à frottement, aux dépens de la matière même du centre de l'aiguille découpée dans une tôle d'acier laminée d'égale épaisseur, eût valu bien certainement à la France une récompense de plus.

DES MACHINES ET OUTILS AUXILIAIRES DE L'HORLOGERIE.

Nous allons parler tout d'abord des calibres tracés par M. Frodsham, et des tables dressées par ce savant horloger, pour trouver sans tâtonnement la proportion exacte des pièces principales d'un chronomètre. La démonstration et la publication des principes très-simples révélés à M. Frodsham par sa longue pratique, et si complétement justifiés par ses

excellents chronomètres de dimensions variées, mais de composition identique, est un service rendu à l'art, dont la haute importance n'a point été, suivant nous, suffisamment apprécié par le jury. En effet, déterminer d'une manière certaine les dimensions de la fusée et du balancier d'après celle du barillet, déduire le poids du balancier le plus convenable pour un bon réglage, par la multiplication des deux dimensions du barillet et la conversion des dixièmes de pouce de son cube en grains anglais, dont un certain nombre devient précisément le poids du balancier, est une méthode pratique que les ouvriers désireux de s'affranchir de longs tâtonnements suivront avec reconnaissance.

C'est par la même raison qu'ils sauront un gré infini à M. Roberts, de Manchester, de son photographe, pour transformer du grand au petit ou du petit au grand, toute espèce de mouvement d'horlogerie, en maintenant les rapports de dimensions entre tous les organes; leur gratitude ne sera pas moindre envers M. Brocot, de Paris, qui leur offre un appareil pour déterminer expérimentalement dans un temps très-court, la longueur exacte du pendule d'une horloge quelconque. Le mécanisme de M. Brocot est tel, que la longueur convenable du balancier est trouvée, sans qu'il soit nécessaire de le suspendre à la pendule même, dont il doit régler la marche. Feu Pecqueur avait voulu qu'une pendule marchant régulièrement pût déterminer, à elle seule, et sans le secours de la main de l'horloger, le réglage d'une montre : il y a réussi! Disons par quel stratagème ingénieux ce singulier résultat a été par lui obtenu.

Devant une pendule on place une montre maintenue dans un support, de façon à ce que les axes respectifs des aiguilles des deux machines horaires soient vis-à-vis l'un de l'autre; la montre et la pendule sont conjuguées par un arbre brisé. Chacun des bouts extrêmes de cet arbre est façonné en forme de clef appropriée au carré de l'axe aux aiguilles de minutes de la pendule et de la montre; sur chaque fraction de l'arbre brisé est monté un pignon d'angle. Les bouts intermédiaires

de cet arbre brisé se réunissent à frottement doux dans le moyeu d'une grande roue dentée à sa circonférence, et portant, comme enfilé sur un de ses rayons, un pignon d'angle. Ce troisième pignon, que M. Pecqueur appelle *pignon satellite,* engrène tout à la fois avec chacun des autres pignons d'angle, monté près des bouts intermédiaires de l'arbre brisé. Il résulte de cette disposition que, si la pendule et la montre marchent d'un mouvement identique, mais en sens opposé, les pignons d'angle de l'arbre brisé imprimeront un simple mouvement giratoire sur lui-même au pignon satellite porté par la roue dentée, sans que celle-ci éprouve aucun déplacement angulaire. Mais, si au contraire une différence de marche existe, elle se traduira nécessairement en un certain déplacement de cette même roue, par suite du mouvement composé du pignon satellite sur lui-même et autour des pignons de l'arbre brisé; un second arbre, installé sur des paliers appartenant au support de la montre, est pourvu de roue dentée à chacune de ses extrémités; par l'une il engrène avec la roue au pignon satellite, par l'autre avec un dernier mobile monté sur le carré de l'avance et du retard de la montre; c'est par l'intermédiaire de ce second arbre que le moindre déplacement de la roue au pignon satellite se convertit finalement en une modification de longueur du ressort spiral; le réglage de la montre s'ensuivra nécessairement, puisque ce n'est que lorsque la marche de la montre sera devenue semblable à celle de la pendule, que les effets de déplacement de la roue du pignon satellite cesseront de se faire sentir sur le carré de l'avance et au retard.

Au nombre des machines-outils dignes d'être mentionnées dans ce compte-rendu, nous citerons le petit appareil de M. Benoît, directeur de la fabrique de Cluse, pour polir sans les déformer les marteaux des roues d'échappement à cylindre.

La machine à tracer les courbes épicycloïdales des dentures des roues, employées en horlogerie, mérite des éloges à son auteur, M. Favre-Brandt, du Locle.

La société des arts de Genève, en acquérant de M. A. Keigel

son outil universel planteur d'échappement, a donné à cet artiste une preuve d'estime que nous sommes heureux de publier dans ce compte rendu. Nous le finissons en félicitant M. Kralik, de Pesth (Hongrie), sur sa démonstration pratique des échappements les plus usités. Sa pendule portative, qui peut successivement les recevoir les uns après les autres, est une de ces œuvres qui attestent à la fois la science et l'habileté de l'auteur.

TABLEAU DES RÉCOMPENSES.

Grandes médailles (*Council medals*).

ANGLETERRE.

M. E.-J. Dent, pour son horlogerie de haute précision et sa grosse horloge à remontoir.

FRANCE.

MM. Japy frères, pour leurs mouvements de montres et de pendules exécutés par procédés mécaniques en très-grand nombre et à prix réduits.

M. J. Wagner, neveu, pour diverses grosses horloges et un mécanisme de remontoir à mouvement continu.

SUISSE.

M. Lutz, pour des ressorts spiraux indéformables et inoxydables.

Médailles de prix (*Prize medals*).

FRANCE.

M. Brocot, pour des pendules portant un échappement de son invention à leviers d'agate.

MM. Destouche et Oudin, pour régulateurs astronomiques et horlogerie de précision et pendules de luxe.

M. V. Gannery, pour un régulateur astronomique.

M. J. Gourdin, pour une grosse horloge à remontoir.

MM. Montaudon frères, pour des ressorts de pendules fabriqués mécaniquement.

M. A. Redier, pour ses réveils à pas prix.

MM. Redor frères et Colin, pour leurs horloges à bas prix.

M. Rieussec, pour son chronographe pointeur.

M. Vissière, pour ses chronomètres marins.

ANGLETERRE.

M. C. Frodsham, pour ses chronomètres et ses montres à échappement à ancre.

M. J. Gowland, pour un régulateur astronomique.

M. J. Hutton, pour ses chronomètres.

M. E.-T. Loseby, pour son nouveau balancier circulaire à compensation supplémentaire par le mercure.

M. C. Mac-Dowal, pour un échappement de pendule appelé par lui *single pin escapment.*

MM. Parkinson et Frodsham, pour leurs chronomètres et leurs montres à échappement à ancre.

M. R. Roberts, pour une grosse horloge et un outil pantographe pour augmenter ou réduire les calibres des pièces d'horlogerie.

M. J. Roskell, pour sa collection de montres et ses pendules pour les usages civils.

MM. Rotherham et fils, pour leur collection de montres civiles.

MM. W.-H. Jackson et fils, pour leurs clefs de montres dites *solid key.*

DANEMARK.

MM. Jurgensen et fils, pour leurs chronomètres et leur thermomètre métallique à maxima et minima.

PRUSSE (ZOLLVEREIN).

M. L. Richard, pour son chronomètre marin à échappement à force constante.

SARDAIGNE.

M. A. Benoît, pour des montres civiles et un outil à polir les dents des roues d'échappement à cylindre.

SUISSE.

M. L.-A. Audemars, pour sa collection de montres de luxe.

M. F.-W. Dubois, pour un régulateur astronomique.

M. H. Grandjean, pour des chronomètres de poche.

M. C.-H. Grosclaude, pour des chronomètres de poche.

M. A. Lecoultre, pour ses montres, ses blancs de montres et ses pignons pour l'horlogerie.

M. S. Mercier, pour ses montres civiles.

Prix en argent (*Prize money*) : 50 livr. sterl.

M. F. Retor, pour un chronomètre de poche avec échappement à force constante.

Mention honorable (*Honorable mention*).

FRANCE.

MM. Bailly le Comte et fils, pour leurs grosses horloges.

M. Chavin frère aîné, pour grosses horloges.

M. Laumain, pour chronomètre de poche.

MM. Leroy et fils, pour pendule de voyage.

M. Pierret, pour ses réveils.

ANGLETERRE.

MM. Auber et Klaftenberger, pour montres.

MM. Barraud et Lund, pour montres et balancier circulaire à compensation.

M. T. Bolton, pour montres civiles à bas prix.

MM. Cousens et Whiteside, pour compteur.

M. C. Shepered, pour une horloge électrique.

SUISSE.

MM. Baron et Ulmann, pour chronomètres et montres civiles.

M. H. Bock, pour montres civiles.

M. F. Courvoisier, pour chronomètres et montres.

M. D.-H. Ellfroth, pour une montre dans un porte-plume.

M. Favre-Brandt, pour une machine à tracer les courbes épicycloïdales des dents des roues employées en horlogerie.

M. H.-A. Favre, pour un chronographe pointeur et un compteur à quadruples aiguilles de seconde pour fractionner la durée d'une seconde par $\frac{1}{5}$.

MM. Mermooz frères, pour chronomètres et montres civiles.

TABLE DES MATIÈRES.